

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH VÝROBY SOUČÁSTI POLOHOVACÍHO MECHANISMU

DESIGN OF MANUFACTURING TECHNOLOGY FOR TRACKPOINT PART

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Bc. LUCIE GARGULÁKOVÁ

VEDOUcí PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. EVA ŠMEHLÍKOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Lucie Garguláková

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

### **Návrh výroby součásti polohovacího mechanismu**

v anglickém jazyce:

### **Design of manufacturing technology for trackpoint part**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o návrh technologie výroby součásti polohovacího mechanismu sedadel automobilu.

Součást je nepravidelného tvaru s vnějším ozubením a vnitřními kruhovými otvory. Je vyrobena z oceli 11 320, tloušťka plechu je 3 mm. Zadaná součást bude vyráběna technologií přesného stříhání a na tuto problematiku bude také zaměřena literární studie a potřebné výpočty.

Cíle diplomové práce:

Provedení aktuální literární studie se zaměřením na technologii přesného stříhání. Návrh technologie výroby zadané součásti a vypracování postupu výroby. Provedení technologických a kontrolních výpočtů, návrh a volba stroje. Návrh vhodného nástroje pro výrobu zadané součásti a technicko-ekonomické zhodnocení navržené technologie výroby. Závěr.

Seznam odborné literatury:

NOVOTNÝ, Josef. Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů. 1. vyd. Praha: SNTL Redakce báňské a strojírenské literatury, 1980. 216 s. L 13–B3-IV- 41/22674.

DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření: plošné a objemové tváření. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7.

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9.

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Eva Šmehlíková, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/2009.

V Brně, dne 14.11.2008

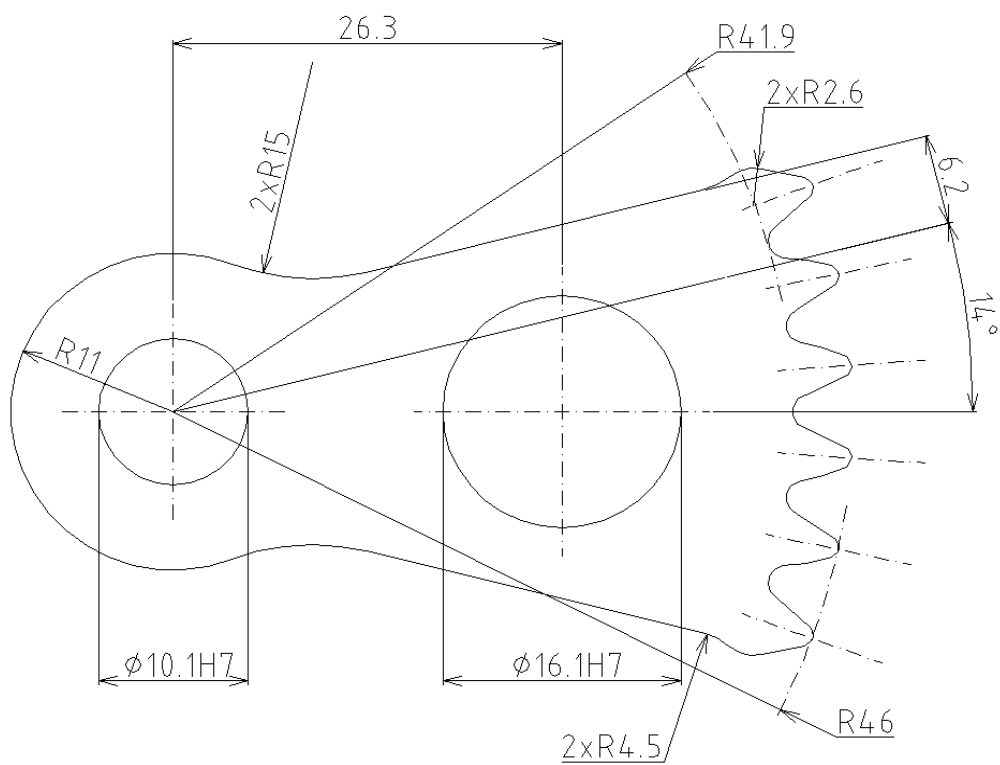
L.S.

---

doc. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty

**VÝKRES ZADANÉ SOUČÁSTI**

**ABSTRAKT**

Lucie Garguláková: Návrh výroby součásti polohovacího mechanismu

Diplomová práce je zaměřena na technologii přesného stříhání. Jedná se o výrobu součásti, která má sloužit jako polohovací mechanismus do sedadel osobních automobilů. Předpokládaný počet je 800 000 ks výstřížků za rok. Vzhledem k takovému množství a požadované kvalitě i přesnosti výstřížku je zvolena právě technologie přesného stříhání s tlačnou hranou. Součást bude zhotovena na trojčinném lise od firmy Feintool AG Lyss. Jedná se o lis GKP – F 160 s mechanicko – hydraulickým pohonem. Tento lis se speciálně vyrobeným střížným nástrojem vystříhne dva výstřížky na jeden zdvih stroje.

Klíčová slova: Přesné stříhání, střížná síla, trojčinný lis

**ABSTRACT**

Lucie Garguláková: Design of manufacturing technology for trackpoint part

The disertation is focused to the technology of fineblanking. It is concerned to a production of part, which will be used as a mechanism for changing the position of seats in cars. The expected production series is 800.000 pieces per year. With reference to the quantity and demanded quality and also accuracy of blank is choosed precisely technology of fineblanking process with pressure edge. The part will be produced on triple-action press produced by Feintool AG Lyss. It is press GKP – F 160 with mechanical-hydraulic drive. This press and specialy create blanking tool produces two blanks per one action.

Key words: fineblanking, blanking power, triple-action press

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

GARGULÁKOVÁ, Lucie. *Název: Návrh výroby součásti polohovacího mechanismu.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 64 s., příloh 6, CD. Vedoucí práce Ing. Eva Šmehlíková, Ph.d.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh výroby součásti polohovacího mechanismu vypracovala samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 10.5.2009

.....  
Jméno a příjmení diplomanta

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Evě Šmehlíkové, Ph.d. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.



**OBSAH**

Zadání

Výkres součásti

Abstrakt

Bibliografická citace

Prohlášení

Poděkování

Obsah

1 ÚVOD .....	10
2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ .....	11
2.1 PRINCIP STŘÍHÁNÍ.....	11
2.2 STŘIŽNÝ PROCES .....	11
2.3 CHARAKTERISTICKÝ PRŮBĚH STŘIŽNÉ SÍLY .....	12
2.4 STŘIŽNÁ PLOCHA.....	12
2.5 VLIV VELIKOSTI STŘIŽNÉ VŮLE NA KVALITU STŘIHU.....	14
3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ .....	15
3.1 METODY TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ.....	15
3.1.1 Stříhání bez vůle (vystřihování se zaoblenými hranami).....	16
3.1.2 Stříhání s přidržovačem .....	16
3.1.3 Stříhání s tlačnou hranou .....	17
3.1.4 Reversní stříhání .....	17
3.1.5 Stříhání se zápornou vůlí .....	18
3.1.6 Stříhání na lisech ESSA .....	18
3.1.7 Přistřihování .....	19
3.1.8 Kalibrování .....	20
3.2 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU .....	20
3.2.1 Princip přesného stříhání s tlačnou hranou .....	20
3.2.2 Popis průběhu přesného stříhání .....	22
3.2.3 Stav napjatosti při přesném stříhání v místě stříhu.....	23
3.2.4 Síly působící na střížném nástroji .....	24
3.2.5 Celková vynaložená práce při přesném stříhání.....	26
3.3 Technologické podmínky přesného stříhání .....	27
3.3.1 Střížná vůle.....	27
3.3.2 Tlačná hrana .....	28
3.3.3 Velikost šířky můstku a postranního odpadu .....	31
3.3.4 Vhodnost tvaru součásti pro přesné stříhání .....	32
3.4 ČINITELÉ OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU A ROZMĚROVOU PŘESNOST	
VÝSTŘIŽKU .....	36
3.4.1 Rozměrová tolerance .....	36
3.4.2 Struktura povrchu výstřížku .....	36
3.4.3 Rovinnost .....	36
3.4.4 Pravoúhlost střížných hran.....	36
3.4.5 Otřep .....	36
3.4.6 Zaoblení hran.....	37
3.5 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ .....	37
3.6 NÁSTROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ .....	38

3.6.1 Požadavky na konstrukci nástrojů .....	38
3.6.2 Konstrukce nástrojů pro přesné stříhání .....	38
3.6.3 Hlavní funkční části střížného nástroje.....	40
3.6.4 Tolerance střížníku a střížnice.....	40
3.6.5 Materiál funkčních částí střížného nástroje .....	41
3.7 MATERIÁLY PRO STŘÍŽNÉ NÁSTROJE .....	41
3.7.1 Požadavky na vlastnosti materiálů .....	41
3.7.2 Rozdělení materiálů do skupin.....	41
3.8 MAZÁNÍ .....	41
4 NÁVRH OPTIMÁLNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ.....	43
SOUČÁSTI .....	43
4.1 MOŽNÉ TECHNOLOGIE K VÝROBĚ ZADANÉ SOUČÁSTI .....	43
4.1.1 Výroba postupovým stříháním .....	43
4.1.2 Výroba leaserem.....	43
4.1.3 Výroba zadané součásti přesným stříháním.....	43
5 konstrukční a technologické řešení zadané součásti.....	45
5.1 POPIS A FUNKCE NÁSTROJE .....	45
5.2 KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY .....	46
5.2.1 Nástřihový plán.....	46
5.2.2 Výpočet délky pásu, využití materiálu, hmotnost technologického odpadu ..	47
5.2.3 Tlačná hrana.....	49
5.2.4 Střížná vůle .....	50
5.2.5 Plocha součásti, délka křivky stříhu a tlačné hrany .....	51
5.2.6 Výpočet sil působících při přesném stříhání.....	51
5.2.7 Celková práce při přesném stříhání.....	52
5.2.8 Kontrola střížníku na otláčení.....	52
5.2.9 Kontrola pevnosti střížníku.....	53
5.2.10 Kontrola střížníku na vzpěr .....	53
5.2.11 Kontrola upínacích šroubů na tah .....	54
5.2.12 Potřebný počet tlačných a vyhazovacích kolíků.....	54
5.3 NÁVRH LISU .....	55
6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	57
6.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ .....	57
6.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	57
6.2.1 Výpočet ekonomického zhodnocení navržené technologie .....	59
6.3 ZHODNOCENÍ.....	63
7 ZÁVĚR.....	64

Seznam použitých zdrojů

Seznam použitých symbolů a zkratk

Seznam příloh

Přílohy

## 1 ÚVOD

Oblast strojírenské výroby je neustále sledována jak z kvalitativního, tak i kvantitativního hlediska. Stále hledá nové způsoby výroby a zpracování především kovů a jejich slitin až po dosažení konečného výrobku. V této oblasti se klade velký důraz na zvyšování kvality vyráběných produktů a na zvýšení produktivity práce.

Strojírenská výroba se zabývá především technologií tváření a třískovým obráběním. Technologie tváření nazývaná také jako beztřískové obrábění je rozdělena na plošné a objemové tváření. Dále se také může dělit na tváření za tepla a zastudena a na tváření tlakem nebo rázem. I když je třískové obrábění často využíváno, má nevýhodu oproti technologii tváření ve spotřebě materiálu. U třískového obrábění využití materiálu oproti tváření je přibližně 40%. Výhodou technologie tváření je také využití progresivnějších výrobních technologií, ale naopak mezi nevýhody patří vysoké náklady na výrobu tvářecích nástrojů.

Technologie tváření je řazena do plošného tváření, i když u ní nedochází k porušení soudržnosti materiálu, ale proces se provádí na lisech, což jsou tvářecí stroje. Technologie stříhání může být jak postupné, tak současné oddělování materiálu. K oddělování materiálu dochází podél křivky stříhu pomocí tzv. stříhadel. Stříhání je možno rozdělit na několik metod: děrování, vystřihování, přistřihování, prosté stříhání, přesné stříhání, atd.

U konvenčního (běžného) stříhání se ne vždy dosahuje požadovaných tvarů a rozměrů a musí být zavedeny další operace k dosažení požadovaných rozměrů a přesnosti dané součásti. Z toho důvodu pro zadanou součást „polohovací mechanismus“ byla zvolena technologie přesného stříhání, kterou můžeme dosáhnout požadovaného rozměru a tvaru s požadovanou kvalitou povrchu střížných ploch, bez potřeby využití další technologie k dokončení výstřižku.

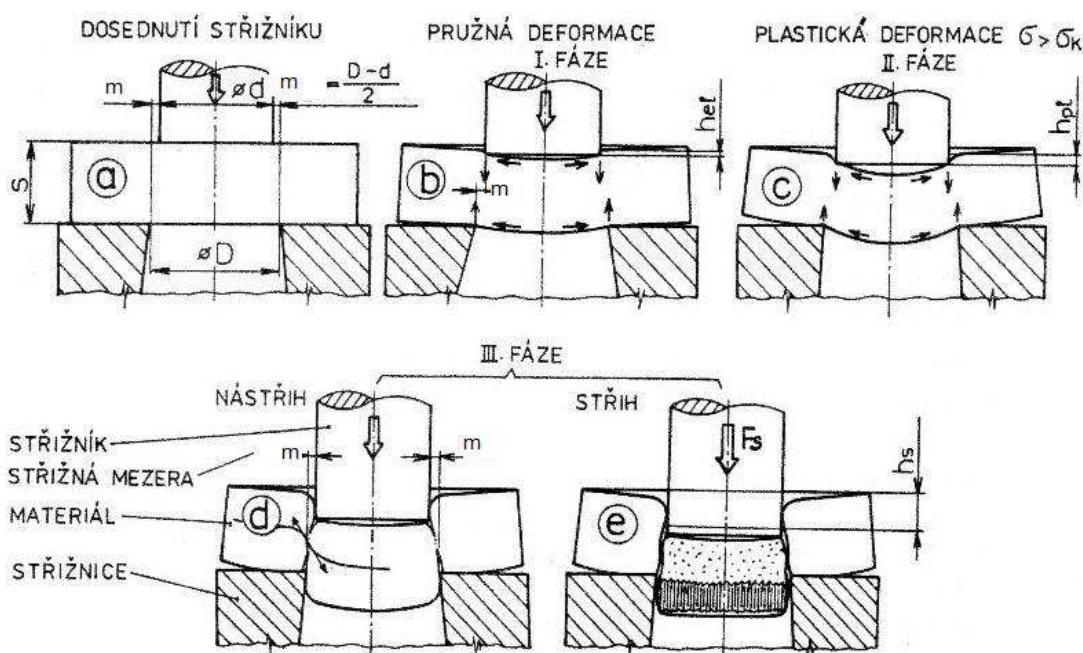
## 2 TECHNOLOGIE STŘÍHÁNÍ [6], [9], [5]

### 2.1 PRINCIP STŘÍHÁNÍ

Stříhání je jednou z nejrozšířenějších operací plošného tváření. Jde o operaci dělení materiálu. U kovů je zakončena porušením tzv. lomem v ohnisku deformace. Principem je oddělování částí materiálu za působení pohybu dvou protilehlých břitů nožů. Tyto protilehlé břity způsobují v řezné rovině smykové napětí.

### 2.2 STŘIŽNÝ PROCES

Při stříhání vzniká střížná plocha a její kvalita závisí na různých faktorech. Jsou to např. velikost střížné mezery, způsob stříhání, kvalita střížného nástroje, vlastnostech stříhaného materiálu, atd. Stříhání probíhá ve třech fázích. V první fázi dochází ke stlačení a ohybu materiálu, který je vtlačen do otvoru střížnice – jde o oblast pružných deformací. Ve druhé fázi je střížník vtlačen do plechu a ten do otvoru střížnice. V této fázi dojde k tomu, že napětí na hranách střížníku a střížnice překročí mez kluzu a začne se blížit mezi pevnosti. II. Fáze oblast plastických deformací. Ve třetí fázi na hranách vzniknou trhlinky, k utržení dojde při rozšíření těchto trhlinek. Průběh těchto fází je vidět na obr.1.

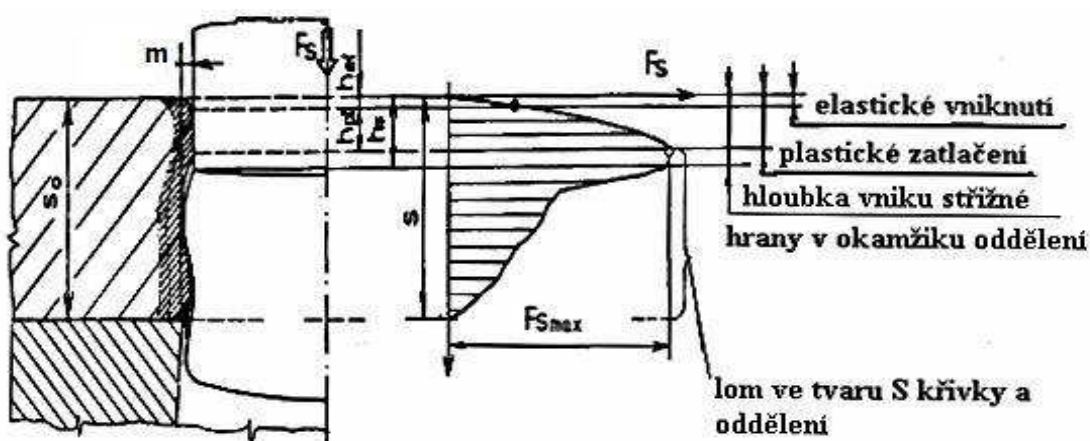


Obr. 1 Průběh stříhání v jednotlivých fázích [5]

- a) Dosednutí střížníku, b) I. fáze – pružná deformace, c) II. fáze – plastická deformace, d) III. fáze – nástřih, e) III. fáze – střih

### 2.3 CHARAKTERISTICKÝ PRŮBĚH STŘIŽNÉ SÍLY

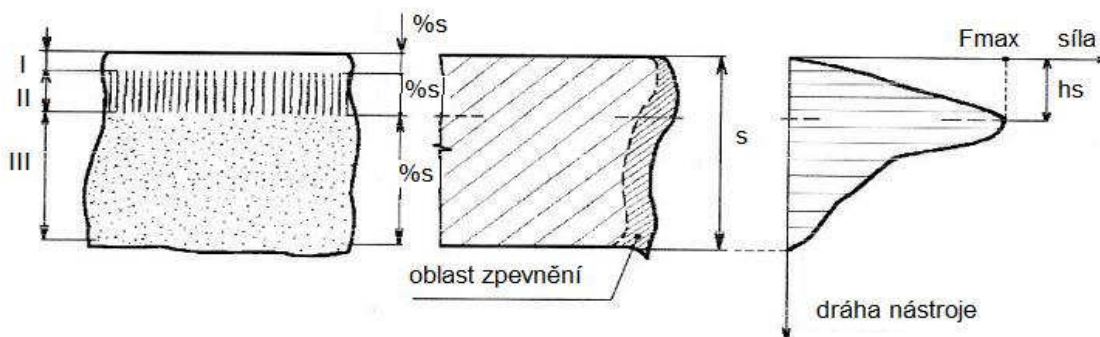
Střížná síla je závislá na hloubce vniknutí střížníku. Vniknutí břitu je pružné a následným napěchováním kovu pod břitem dochází k plastickému přetvoření. Vlivem lokálního zpevnění dochází k nárůstu síly (nárůst je plynulý), i když se zmenšuje střížná plocha. Po dosažení vzniku nástřihu je stále mírný a plynulý pokles síly až po hloubku vniknutí  $h_s$ . Dojde zde k úplnému porušení lomem ve tvaru S křivky a následnému oddělení výstřížku, u kterého dojde k výraznému poklesu síly. Pokles střížné síly je způsoben vzájemným otěrem vytvořené S plochy. Závislost střížného procesu a střížné síly je znázorněna na obr. 2.



Obr. 2 Průběh střížného procesu a střížné síly [5]

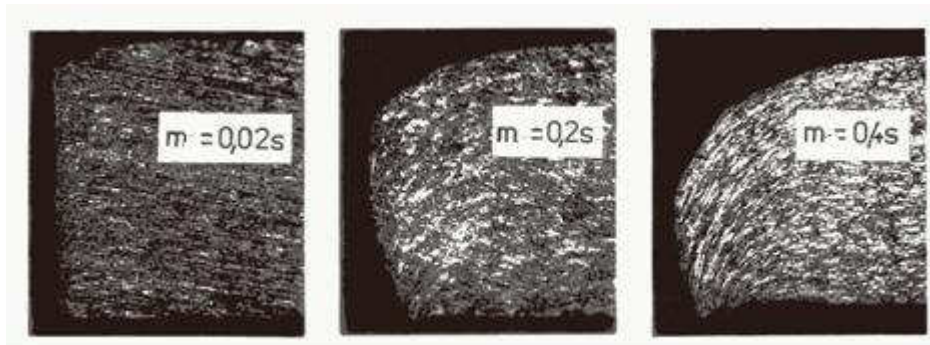
### 2.4 STŘIŽNÁ PLOCHA

Na obr. 3 je zobrazen tvar střížné plochy, jsou na něm zobrazeny tři oblasti a jejich procentuální zastoupení šířky. Hloubka  $h_s$  je velikost vniku střížné hrany nástroje do materiálu v okamžiku oddělení. (Pro tvrdý a křehký materiál se uvádí  $h_s \approx 10\% \cdot s$ , u měkkého a houževnatého materiálu se uvádí  $h_s \approx 60\% \cdot s$ ).



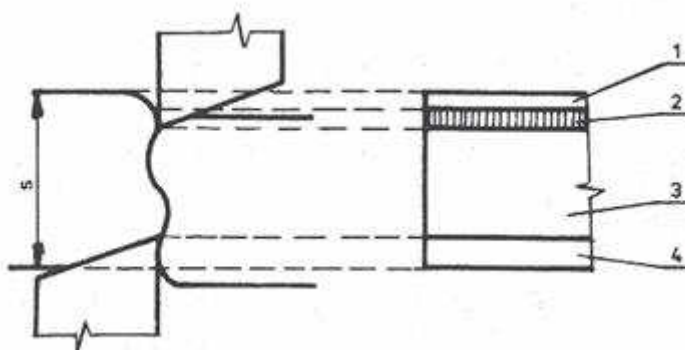
Obr. 3 Tvar střížné plochy [6]

Na obr. 4 je vidět fotografie, na které je zobrazena kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery.  $m$  značí velikost střížné mezery. Dle velikosti střížné mezery, která je vyjádřena v obr. 4 pomocí tloušťky plechu  $s$  jsou zobrazeny různé kvality povrchu střížných ploch.



Obr. 4 Kvalita střížné plochy pro různou velikost střížné mezery [9]

Výstřížek se oddělí dříve, než projde střížník celou tloušťkou stříhaného materiálu a následně je výstřížek vytlačen. Z toho důvodu nejsou okraje stříhovných ploch zcela rovinné a střížná plocha má určitou drsnost. Ta není v ploše rovnoměrně rozložena. V místě kde se vyskytne první trhлина je drsnější, než ostatní střížné plochy. Na odstříhnuté ploše vzniknou různá pásma, protože je materiál elastický, tvárný a napětí způsobuje tlak nožů na celé ploše, nenastane oddělení přesně v žádané rovině. Při stříhu vzniknou čtyři pásma. U prvního pásma zaoblení dochází k elastické deformaci. Jako druhé vznikne pásmo utržení. U třetího pásma smyku nastane plastická deformace a poslední je pásmo odtlačení. Tyto pásma jsou znázorněna na obr. 5.



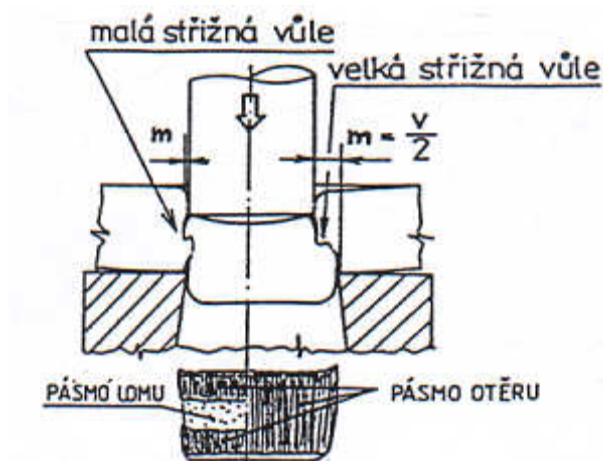
Obr. 5 Deformační pásma při stříhání [9]

1 – pásmo zaoblení (elastická deformace), 2 – pásmo utržení, 3 – pásmo smyku (plastická deformace), 4 – pásmo odtlačení

## 2.5 VLIV VELIKOSTI STŘIŽNÉ VŮLE NA KVALITU STŘIHU

Střížník je vyroben s menším rozměrem než otvor ve střížnici, tzn. střížník vniká do střížnice s vůlí na každé straně. Střížná vůle je určena rozdílem mezi střížníkem a střížnicí. Velikost střížné vůle by měla být rovnoměrná na všech místech křivky stříhu. Správné utržení stříhané plochy je zaručeno správnou volbou velikostí střížné vůle, která zaručuje, že trhliny vzniklé při stříhání se setkají.

Střížná vůle má vliv především na střížnou sílu, kvalitu střížných ploch, trvanlivost břitu a také na vznik ostřin. Volí se na úkor střížníku a střížnice vzhledem k požadovanému rozměru výstřížku. Pokud je střížná vůle nesterjné rozložena po obvodě stříhané součásti vznikají povrchové vady a ostřiny → nekvalitní střížná plocha. K povrchovým vadám a vzniku ostřin dochází také při otupení břitu funkčních částí. Mezi, činitelé ovlivňující střížnou vůli patří především druh materiálu a jeho tloušťka. Střížná vůle se zvětšuje opotřebením nástroje. Na obr. 6 je zakreslena malá a velká střížná vůle.

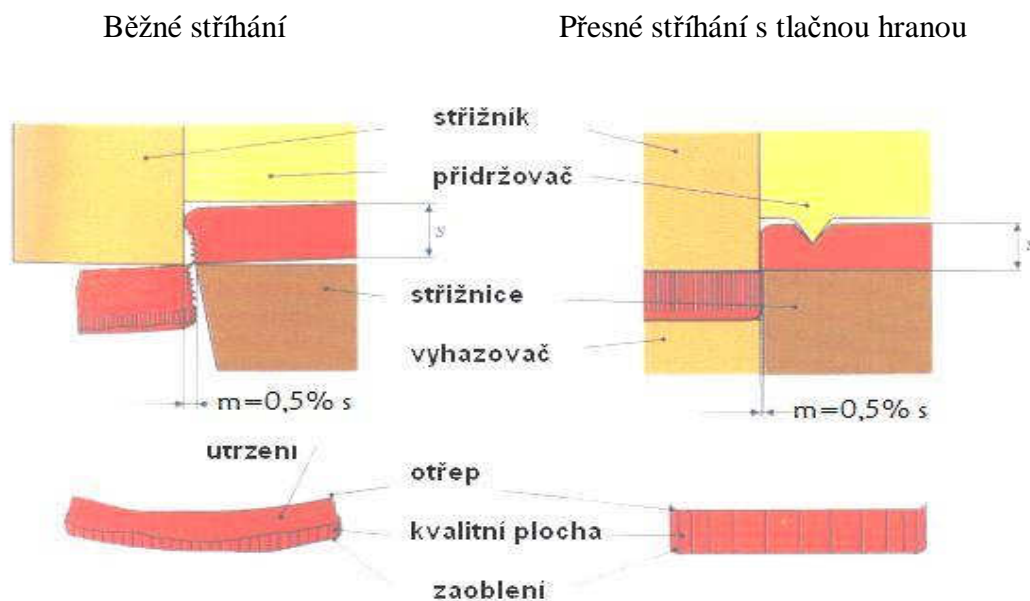


Obr. 6 Velikost střížné vůle [5]



### 3 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ [6], [7], [9]

Technologie přesného střihání dosahuje vyšší geometrickou přesnost a kvalitu střížné plochy oproti volnému střihání. Metod přesného střihání plechů na stříhadlech je několik. Při těchto metodách střihu má střížná plocha i vystřižený kus určitou standardní jakost (drsnost povrchu, přesnost střížných rozměrů). Mezi metody přesného střihání jsou tedy zahrnuty všechny ty, u kterých je možno použít stříhané díly přímo na montáž bez dalších úprav. Na obr. 7 je znázorněna kvalita střihu pro normální a přesné střihání.



Obr. 7 Kvalita střihu pro normální a přesné střihání [9]

Důležitou roli pro kvalitu výstřižku, hraje vůle mezi střížníkem a střížnicí. Se zmenšující se mezerou se eliminují tahové složky napětí od ohybového namáhání → napjatost se blíží čistému smyku.

#### 3.1 METODY TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ

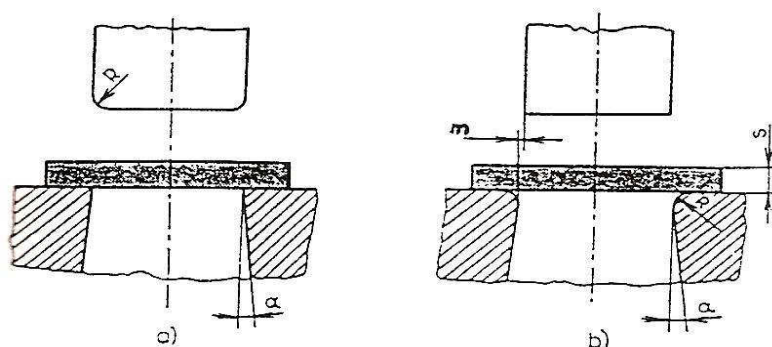
Metody přesného střihání lze v zásadě rozdělit na výrobu výstřižků:

- V jedné operaci – střihání bez vůle, střihání s přidržovačem, střihání s nátlakovou hranou, střihání s tlačnou hranou a protitlakem, reversní střihání, střihání se zápornou vůlí, střihání na lisech ESSA
- Ve dvou operacích – vibrující střížník, přistřihování



### 3.1.1 Stříhání bez vůle (vystříhování se zaoblenými hranami) [3]

Stříhání bez vůle je charakterizováno tím, že střížník nebo střížnice je vypracovaná bez břitu, tedy se zaoblením střížné hrany. Druhá část je tedy nabroušena. Z toho způsobu vystříhování je patrné, že je materiál částečně protlačován (dopředně). Na zaoblených hranách je určitý poloměr ( $R = 0,15 \div 0,20$ ), který je určen pomocí tloušťky stříhaného materiálu a díky němu je zabráněno vzniku trhlin ve stříhaném materiálu. Zaoblení střížnice je určeno pro kvalitní povrch díry a pro kvalitní povrch výstřížku je zaoblen střížník. Vzniká zde dvouosý stav napjatosti. Vhodné materiály k tomuto vystříhování jsou ty, které mají dobrou tvářitelnost, tedy měkká ocel. Schéma přesného stříhání se zaoblenou střížnou hranou je znázorněno na obr. 8.

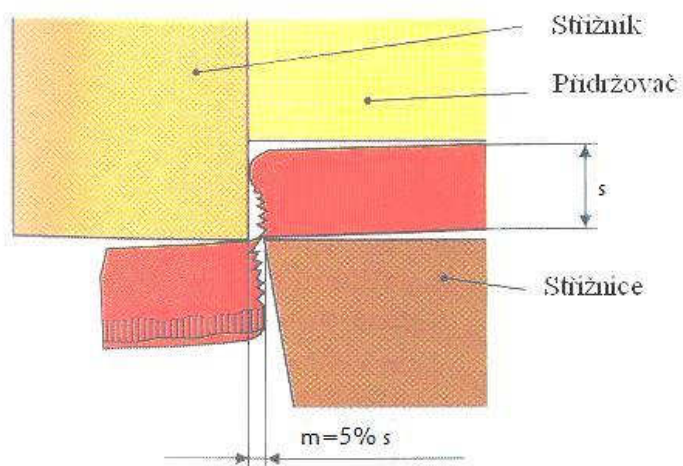


Obr. 8 Schéma přesného stříhání se zaoblenou střížnou hranou [3]

a) děrování, b) vystříhování

### 3.1.2 Stříhání s přidržovačem [9]

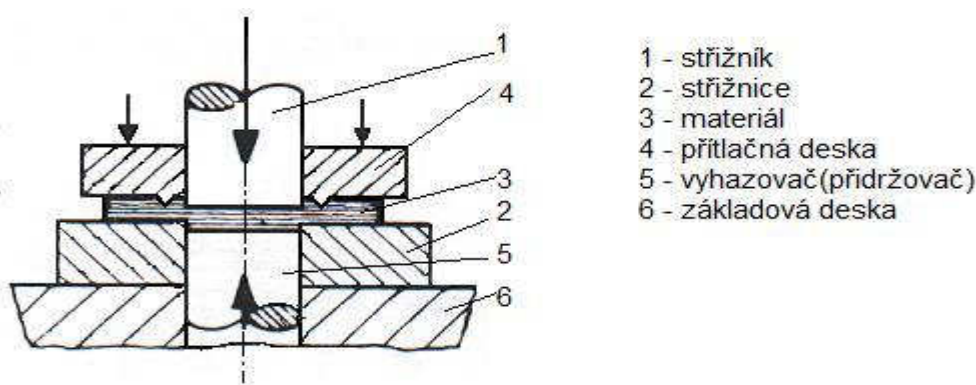
Stříhání s pomocí přidržovače zabráňuje ohýbání okrajů výstřížků. Slouží také ke zlepšení povrchu střížných ploch při stříhání. Stav napjatosti v místě stříhu je lepší díky tomu, že k tahové složce napjatosti přibude složka tlaková. Ukázka použití přidržovače na obr. 9.



Obr. 9 Použití přidržovače [9]

### 3.1.3 Stříhání s tlačnou hranou [6]

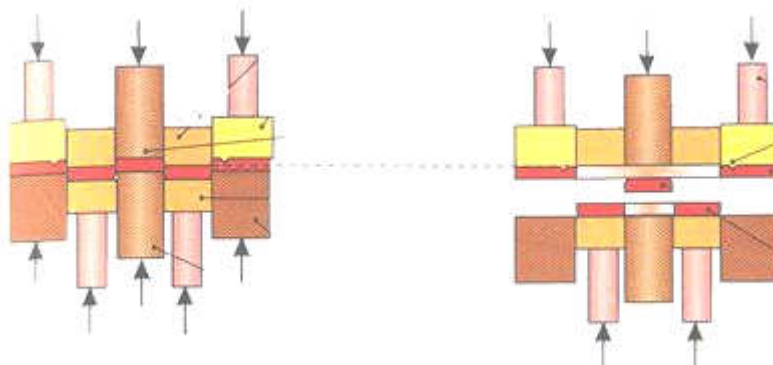
Stříhání s tlačnou hranou má nejlepší výsledky v oboru přesného stříhání. V oblasti střížného obvodu se prolisuje tlačná hrana a napjatost ve střížné ploše se změní na trojosou. Navíc přibude složka tlaková, která usnadní přiblížení k čistému smyku. U stříhání s tlačnou hranou je využito protitlaku, který je způsoben odpružením spodního lisovnicku. Tato metoda se využívá u poměrně tlustších materiálů. (tloušťky 0,5 – 16 mm). V místě stříhu se dosahuje vysoké rozměrové i tvarové přesnosti, díky příznivému stavu napjatosti. Schéma stříhání s tlačnou hranou je vidět na obr. 10.



Obr. 10 Stříhání s tlačnou hranou [6]

### 3.1.4 Reversní stříhání [9]

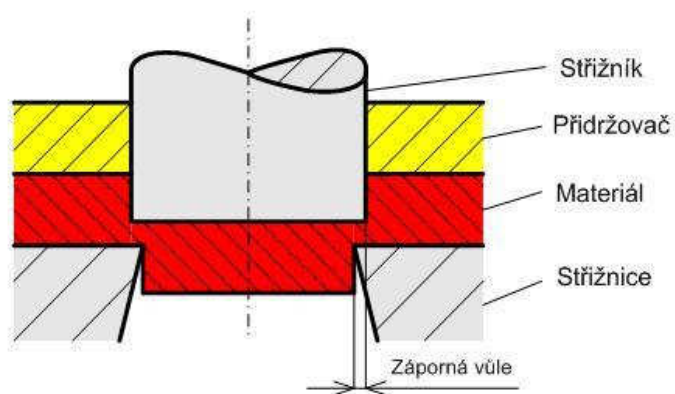
U metody reverzního stříhání jde o sevření polotovaru, u kterého se neprojevují tahové zkoušky napjatosti. Proces reverzního stříhání je rozdělen do dvou oddělených fází. V první fázi je plech stříhán jen do doby, kdy materiál teče v rozmezí plastické deformace. Ve druhé fázi se materiál prostříhne v opačném směru. Hladká střížná plocha vzniká shora i ze spodní strany, protože u reverzního vystříhování se využívá deformace s tečením materiálu současně z obou stran. Na zařízení uvedeném na obr. 11 lze stříhat plechy tloušťky do 3,5 mm bez tlačných hran a pro větší tloušťky než 3,5 mm za použití tlačné hrany.



Obr. 11 Ukázka reverzního stříhání [9]

### 3.1.5 Stříhání se zápornou vůlí [9]

U tohoto procesu stříhání, dochází k tomu, že střížník neprotrhne otvoru ve střížnici. Název stříhání se zápornou vůlí je zcela na místě, vzhledem k tomu, že průměr střížníku je asi o 0,1 – 0,2 % tloušťky plechu větší, než je průměr střížnice. Střížník je ve vzdálenosti 0,2 až 0,5 mm nad rovinnou střížnicí, v této vzdálenosti musí zůstat, tím vyvolá v materiálu tlakové napětí → střížná síla je větší. Na obr. 12 je ukázka schématu stříhání se zápornou vůlí.

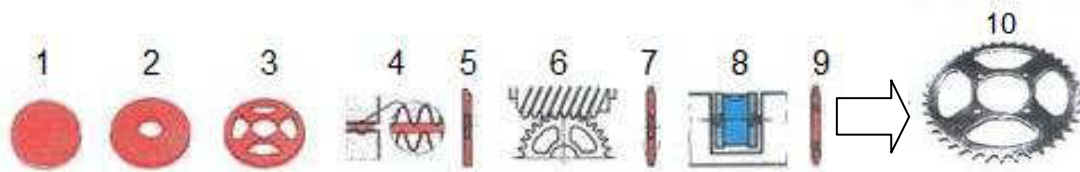


Obr. 12 Stříhání se zápornou vůlí [9]

### 3.1.6 Stříhání na lisech ESSA [9]

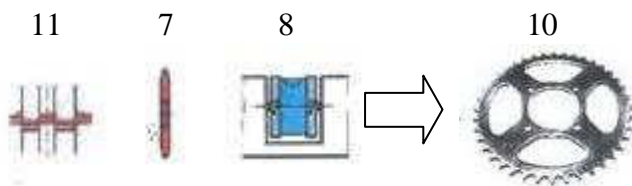
Předností tohoto procesu stříhání je ta, že střížník nevykonává pouze funkci stříhání, ale i kmitání díky, kterému střížnou plochu vyleští. Na obr. 13 je znázorněn rozdíl mezi postupovým a přesným stříháním na lisech ESSA.

#### Konvenční výroba řetězového kola pro motocykl



**Postup:** 1. Vystřihování, 2. Děrování, 3. Děrování odlehčujících otvorů, 4. Vyrovnávání povrchů, 5. Soustružení vnitřní díry a oboustranné zkosení hran, 6. Frézování zubů, 7. Úprava zubů, 8. Vrtání otvorů, 9. Úprava otvorů a odstranění ořepů, 10. Hotová součást, 11. Přesné stříhání

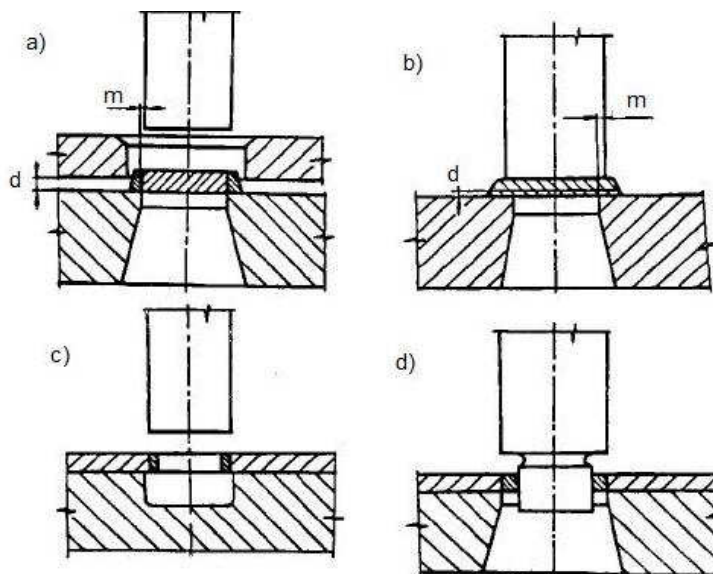
### Výroba řetězového kola pro motocykl přesným stříháním



Obr. 13 Příklad výroby postupovým a přesným stříháním [9]

#### 3.1.7 Přistřihování [3]

Při tomto procesu jde oddělování malého množství materiálu ze střížné plochy. Výstřížek je nejprve vystřížen na běžném střížném stoji a je na něm ponechám přídavek na přistřihnutí. Ve druhé operaci dojde k ustřížení přídavku na postřihovacím stroji. Přídavek na přistřihování se pohybuje od 0,1 až 0,5 mm. Podle konstrukce lze funkční část přistřihnout skladnou či zápornou střížnou vřtí. Druhá operace což je přistřihování musí mít stejný směr jako předchozí operace stříhání. Kvalitnější plocha u přistřihování vzniká u přistřihování se zápornou střížnou vřtí. Dosažitelná drsnost střížných ploch –  $R_e = 0,6$  až  $1,6\mu\text{m}$ . Na obr. 14 je znázorněno přistřihování výstřížků s kladnou a zápornou vřtí, přistřihování otvorů a děrování otvorů s přistřihováním.

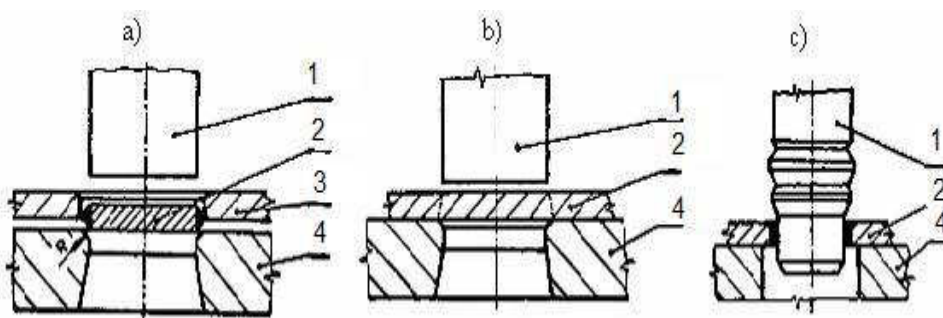


Obr. 14 Přistřihování [3]

- a) s kladnou vřtí, b) se zápornou vřtí, c) přistřihování otvorů, d) děrování otvorů s přistřihováním

### 3.1.8 Kalibrování [3]

Kalibrování je vhodné k získání lepší kvality povrchu a rozměrové přesnosti. Oproti přistříhování vyžaduje větší síly a je méně přesné vlivem odpružení. Kalibrování je možno použít jak na vnější tak na vnitřní plochy. Rozdíl je dán tím, že jednou je protlačován výstřížek zaoblenou střížnicí (vnější) a podruhé protlačován trn (vnitřní). Na obr. 15 a), 15 b) je znázorněno kalibrování vnějšího obrysu součástí, kde je přes zaoblenou hranu výstřížek protlačen. Na obr. 15 c) je vidět kalibrování otvoru pomocí kalibrovacího trnu. Kalibrovací trn má obvykle jednu nebo více kalibrovacích ploch. Tyto kalibrovací plochy mají obvykle šířku v rozmezí 1 – 3 mm. Nerovností, které vznikly předchozím stříháním, jsou právě pomocí kalibrování zahlazeny.



Obr. 15 Kalibrování [3]

a), b) kalibrování vnějšího obrysu součásti, c) kalibrování otvoru  
1 – střížník, 2 – polotovár, 3 – středící deska, 4 – střížnice

### 3.2 TECHNOLOGIE PŘESNÉHO STŘÍHÁNÍ S TLAČNOU HRANOU [6, 7, 9]

Vzhledem k tomu, že přesné stříhání s tlačnou hranou je užíváno nejčastěji a vykazuje nejlepší výsledky, bude pro výrobu zadané součásti zvolena právě tato metoda. Z toho důvodu je další část diplomové práce podrobně zaměřena na problematiku přesného stříhání s tlačnou hranou.

#### 3.2.1 Princip přesného stříhání s tlačnou hranou

Důležitou roli zde hraje právě tlačná hrana, díky ní má tento způsob stříhání nejlepší výsledky v oboru přesného stříhání.

##### Zásady pro přesné stříhání s tlačnou hranou:

- Materiál se při vystříhování neprohýbá
- Radiální složka tečení je zachycována tlačnou hranou
- Pásmo plastického stříhu je rozšířeno po celé tloušťce materiálu
- V oblasti stříhu se musí vytvořit trojosý stav napjatosti, což způsobí tlačná hrana



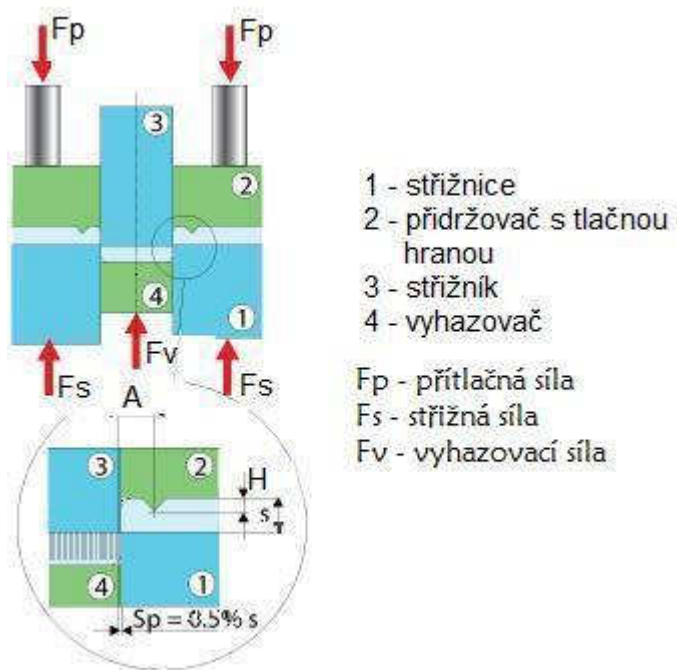
U toho způsobu stříhání se dosahuje rozměrové přesnosti ve stupni IT6 až IT9 a drsnosti střížné plochy  $R_a = 0,4$  až  $1,6 \mu\text{m}$ .

### Princip

V počáteční fázi stříhání je materiál sevřen mezi přidržovač a střížnici z vnějšku a současně je sevřen mezi střížník a vyhazovač ze vnitř. Díky těmto sevřením nedochází u materiálu k prohnutí stříhaného plechu a ke vzniku ohybového momentu. Tlačná hrana se do materiálu zatlačí dříve, než dojde k samotnému stříhu. Je zhotovena podél stříhaného obvodu na čelní ploše tlačné desky mimo křivku stříhu. V oblasti stříhu dochází k nejvýhodnějšímu rozložení hlavních napětí, kde vznikán trojosá napjatost. Díky tomu, že při stříhání vzniká všestranný tlak, dochází k průběhu čistě plastického stříhu. I při tomto stříhání se vyskytují určité nevýhody. Jednou z nich je větší spotřeba materiálu, která je zapříčiněna, tím že se volí větší šířky můstků a pásu plechu, než při klasickém stříhání. Dále je přesné stříhání omezené z hlediska tvaru stříhané součásti, jde o poměr mezi tloušťkou plechu a rozměrem součásti.

Nástroj pro přesné stříhání s tlačnou hranou je složen ze čtyř základních funkčních částí:

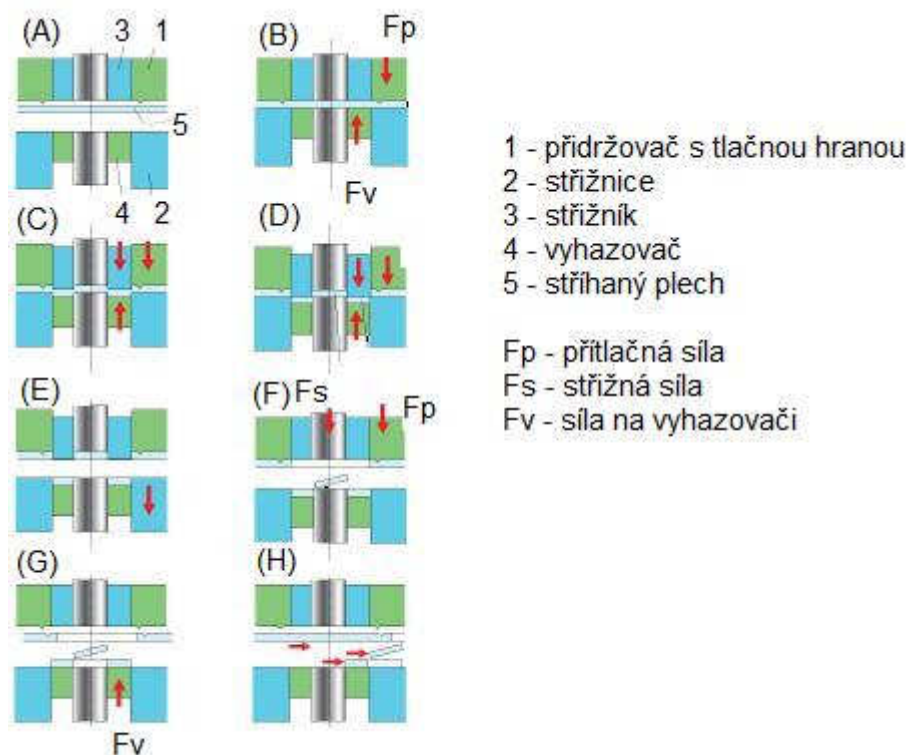
- Střížník
- Střížnice
- Přidržovač s tlačnou hranou
- Vyhazovač



Obr. 16 Stříhání s tlačnou hranou [1]

### 3.2.2 Popis průběhu přesného stříhání [1]

K vlastnímu stříhu dojde až poté co se do materiálu procházejícího nástrojem zatlačí tlačná hrana. Stříhaný materiál je sevřen mezi střížník a vyhazovač a současně je vně obrysu stříhu sevřen tlačnou deskou. Díky tomuto sevření nedojde k prohnutí stříhaného plechu. Průběh přesného vystřihování kruhové podložky je znázorněn na nástroji s pohyblivým střížníkem a pevnou přitlačnou deskou se spodním pohonem beranu lisu. Šest elementárních fází je vidět na obr.17.



Obr. 17 Průběh přesného stříhání [1]

Fáze (A): Nástroj je otevřen. Jeho horní část je v základní poloze a spodní část v tzv. mrtvé poloze dole. Horní část nástroje se skládá ze střížnice, děrovacího střížníku a vyhazovače. Spodní část nástroje se skládá z přitlačné desky, střížníku a vyrážače. (e) pás stříhaného materiálu.

Fáze (B): Nástroj se uzavře. Spodní díl nástroje je beranem lisu přesunut do pracovní polohy a zvedá pás materiálu nahoru.

Fáze (C): Začátek střížného procesu. Tlačná hrana je vtlačena do materiálu. Materiál je pevně sevřen vně i uvnitř křivky stříhu dochází tak k radiálnímu předpětí v místě stříhu.

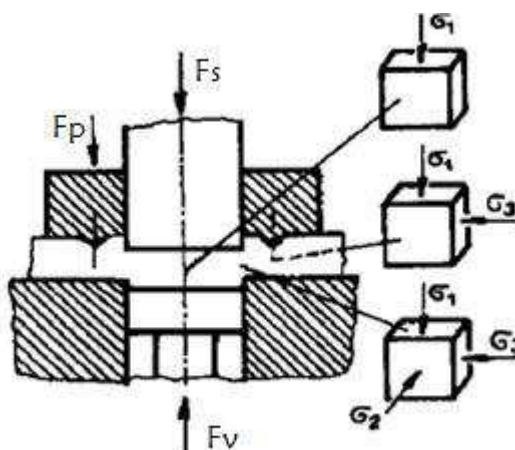
Fáze (D): Střížný proces končí. Součást je vystřižena a střížník ji protlačil do otvoru střížnice konstantní střížnou silou. Vyhazovač ustoupil. Děrovací střížník vystříhl v součásti děrovací otvor a odpad zatlačil do otvoru ve střížníku. Síla ani protitlak už nepůsobí.

Fáze (E): Dojde k rozevření nástroje. Prostřížený materiál se uvolňuje díky spodní části, která se pohybuje směrem dolů.

Fáze (F): Výstřížek je vyhozen z horní části nástroje a odpad ze spodní části nástroje pomocí vyhazovače a střížníku.

### 3.2.3 Stav napjatosti při přesném stříhání [5], [12]

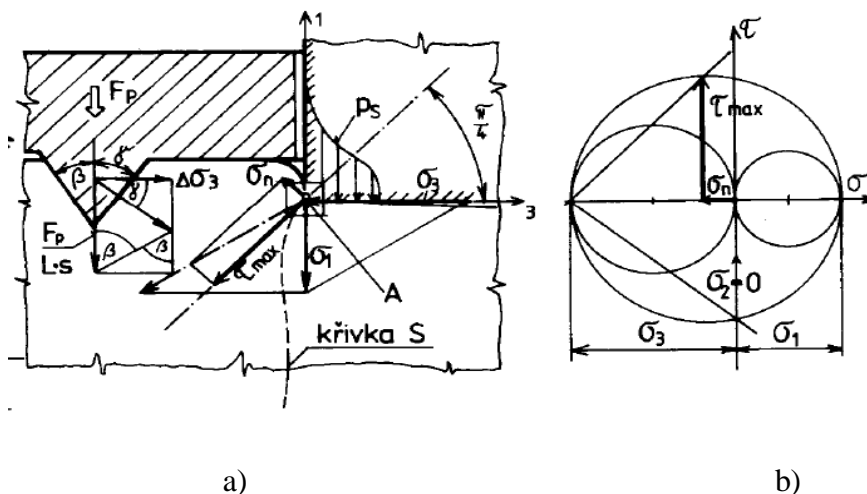
Stav napjatosti vzniká v každém bodě tělesa, které je deformováno vnějšími silami. Průběh střížného procesu je možné ovlivnit změnou závislosti v místě stříhu. Plastické vlastnosti kovů závisí na stavu napjatosti, proto je nutné vědět, jaká schémata hlavních napětí jsou v různých částech tvářeného materiálu. Schopnost materiálu se plasticky deformovat je způsobena vzrůstajícím podílem tlačných napětí a naopak velké tahové napětí porušuje soudržnost materiálu a způsobuje vznik trhlin. Na obr. 18 jsou vidět tři oblasti s různými schématy napjatosti, ke kterým při přesném stříhání dochází. Nejvýhodnější rozložení hlavních napětí je právě v oblasti stříhu, kde vzniká trojosá tlaková napjatost. V této oblasti za působení všestranného tlaku je vyloučen vznik trhlin a dochází k průběhu čistě plastického stříhu. Tento stav napjatosti je velice příznivý k materiálu, který se plasticky deformuje a rozšiřuje pásmo plastického stříhu z 0,1 až 0,4 mm tloušťky plechu na celou tloušťku.



Obr. 18 Schéma napětí při přesném stříhání [3]



Tlakové napětí  $\Delta\sigma_3$  je přidavné napětí, které vznikne použitím přidržovače s tlačnou hranou. Tlakové napětí způsobí výraznou změnu mezi poměry v rovinné napjatosti uzavřeného stříhu. Záporná hodnota složky normálního napětí  $-\sigma_n$  se snaží uzavírat vznikající trhliny. Trhliny se šíří ve směru  $\tau_{\max}$ . Na obr. 19 a) je zobrazeno grafické vyjádření tahové napjatosti v bodě A. Napětí v Mohrových kružnicích na obr. 19 b).

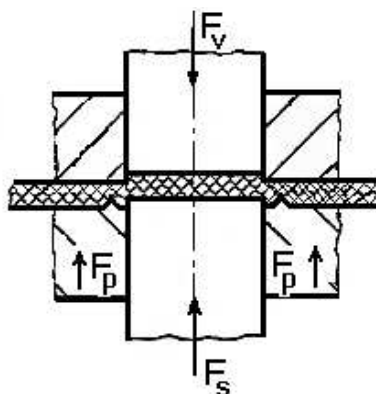


Obr. 19 Schéma přesného uzavřeného stříhání [5]

a) Schéma napjatosti, b) Mohrovy kružnice napětí přesného stříhu

### 3.2.4 Síly působící na střížném nástroji [6], [12]

Na střížném nástroji každá funkční část nástroje vyvozuje sílu. Podle druhu a tloušťky materiálu a tvaru stříhané součásti se určí velikost sil. Působící síla na vyhazovači  $F_v$  vyvozuje tlak proti střížné síle  $F_s$  a spolu s ní svírá materiál uvnitř křivky stříhu. Střížná síla  $F_s$  vykonává vlastní střížnou práci. V neposlední řadě síla na přítlačné desce způsobuje zatlačení tlačné hrany do stříhaného materiálu, čímž vytvoří v pásmu stříhu požadovaný stav napjatosti. Na obr. 20 je znázorněn směr působících sil.



Obr. 20 Síly působící na nástroji [6]

Velikost lisu je určena pomocí celkové síly a ta je dána vztahem:

Celková síla  $F_c$ :

$$F_c = F_s + F_p + F_v \quad (3.5)$$

kde:

- $F_s$  – síla střížníku, která vykonává vlastní střížnou práci [N]
- $F_p$  – síla na přitlačné desce, způsobuje zatlačení tlačné hrany do materiálu [N]
- $F_v$  – síla na vyhazovači, vyvozuje tlak proti střížné síle [N]
- $F_c$  – celková síla [N]

Velikosti jednotlivých sil:

Síla na střížníku  $F_s$ :

$$F_s = n \cdot S_1 \cdot \tau_s = n \cdot l \cdot s \cdot \tau_s \quad (3.6)$$

kde:

- $n$  – zvyšující koeficient zahrnující vliv vnějších podmínek při stříhání, ( 1,15 až 1,3 )
- $S_1$  – plocha stříhu,  $S_1 = l \cdot s$  [mm<sup>2</sup>]
- $l$  – délka stříhu [mm]
- $s$  – tloušťka stříhaného materiálu [mm]
- $\tau_s$  – střížný odpor ( $\tau_s = 0,8 \cdot R_m$ ) [MPa]
- $F_s$  – střížná síla [N]

Síla na vyhazovači  $F_v$ :

$$F_v = S \cdot p \quad (3.7)$$

kde:

- $S$  – plocha přesně stříhané součásti [mm<sup>2</sup>]
- $p$  – měrný tlak, (30 až 70 MPa) [MPa]
- $F_v$  – síla na vyhazovači [N]

Síla na přitlačné desce  $F_p$ :

$$F_p = k \cdot L_h \cdot h \quad (3.8)$$

kde:

- $k$  – odpor materiál proti vtláčení tlačné hrany [MPa]  
(pro přibližný výpočet:  $k = 4 \cdot R_m$ )
- $L_n$  – délka tlačné hrany [mm]
- $h$  – výška tlačné hrany [mm]
- $F_p$  – síla na přitlačné desce [N]

### 3.2.5 Celková vynaložená práce při přesném stříhání

Jedná se obdobné složení jako u celkové střížné síly. Celková práce se tedy skládá ze střížné práce, z práce přidržovače a vyhazovače. Celková práce je tedy dána vztahem:

$$A_c = A_s + A_p + A_v \quad (3.9)$$

Střížná práce  $A_s$ :

$$A_s = 0,48 \cdot L \cdot s^2 \cdot R_m \cdot 10^{-3} \quad (3.10)$$

Práce přidržovače  $A_p$ :

$$A_p = 2 \cdot R_m \cdot L_h \cdot h \cdot 10^{-3} \quad (3.11)$$

Práce vyhazovače  $A_v$ :

$$A_v = S_1 \cdot p \cdot s \cdot 10^{-3} \quad (3.12)$$

kde:

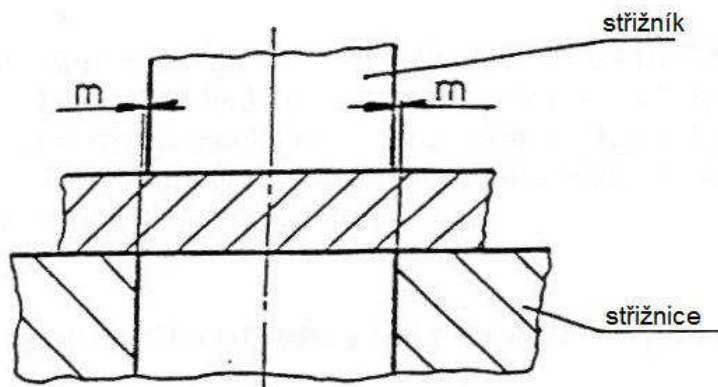
- $L$  – délka křivky stříhu [mm]
- $s$  – tloušťka materiálu [mm]
- $R_m$  – mez pevnosti [MPa]
- $L_h$  – délka tlačné hrany [mm]
- $h$  – výška tlačné hrany [mm]
- $p$  – měrný tlak [MPa]
- $A_p$  – práce na zatlačení tlačné hrany [J]
- $A_s$  – vlastní střížná práce [J]
- $A_v$  – práce k překonání tlaku, který vyvozuje vyhazovač [J]
- $A_c$  – celková práce [J]

### 3.3 Technologické podmínky přesného stříhání [12]

Přesné stříhání je významné svojí hospodárností při náročných požadavcích na tvarovou a funkční přesnost řezných ploch. Ve všech oborech kovozpracujícího průmyslu a všeobecného strojírenství je využito přesně stříhaných dílců.

#### 3.3.1 Střížná vůle

Střížná vůle ovlivňuje směr smykového napětí a to způsobí oddělení materiálu. Smykové napětí působí kolmo na stříhaný materiál, to je způsobeno malou vůlí. Na rozměr budoucího výstřížku a na kvalitu střížné plochy má střížná vůle největší vliv. Velikost střížné vůle, která je závislá především na pevnosti a tloušťce materiálu se v praxi volí přibližně 0,5 % tloušťky materiálu ( $v = 5 \cdot s / 1000$  [mm]). U přesného stříhání se střížná vůle volí asi 10x menší než u běžného stříhání. Střížná vůle má být rovnoměrná po celém obvodu (střížná vůle se dělí na dvě stejné mezery  $m$ ). Na obr. 21 je vidět velikost střížné vůle.



Obr. 21 Střížná vůle [12]

Stanovit velikost střížné vůle lze výpočtem dle vzorců sestavených na základě praktických zkušeností:

- Pro plechy tloušťky . . . . .  $s \leq 3$  mm

$$v = 2 \cdot m = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (3.13)$$

- Pro plechy tloušťky . . . . .  $s > 3$  mm

$$v = 2 \cdot m = (1,5 \cdot c \cdot s - 0,0015) \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s} \quad (3.14)$$

kde:

$v$  . . . střížná vůle [mm]

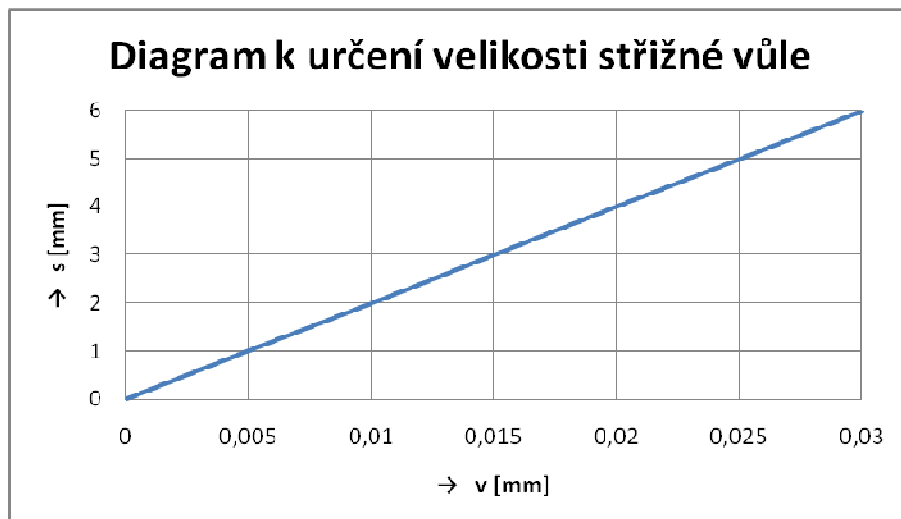
$m$  . . . střížná mezera [mm]

$s$  . . . tloušťka stříhaného materiál [mm]

$\tau_s$  . . . střížný odpor  $(0,8 \div 0,86) \cdot R_m$  [MPa]

$c$  . . . koeficient závislý na druhu stříhání, jeho hodnota pro přesné stříhání je  $7 \cdot 10^{-4}$

K určení střížné vůle je možné užít i grafů. Kde dle tloušťky plechu volíme velikost střížné vůle. Příklad je uveden na obr. 22.



Obr. 22 Diagram k určení střížné vůle [3]

### 3.3.2 Tlačná hrana [12]

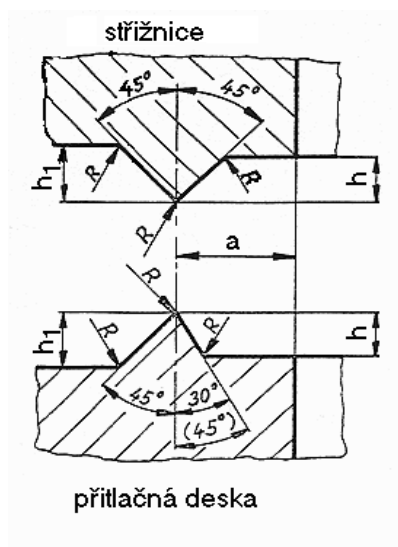
Tlačná hrana je jedním z důležitých činitelů při přesném stříhání. Vtlačuje se podél celého obrysu do stříhané součásti, a to krátce před samotným stříhem. Její hlavní funkce spočívá v pásmu trojosé tlakové napjatosti, které je vytvořeno v oblasti stříhu. Rozměry tlačné hrany se volí v závislosti na tloušťce a vlastnostech stříhaného materiálu.

Kvalita střížné plochy a životnost nástroje je do značné míry ovlivněna tvarem, polohou a rozměrem tlačné hrany. Tlačná hrana, která je konstruována pouze na přidržovači se používá u výstřižků do tloušťky 4 mm. U výstřižků, které mají tloušťku plechu větší než 4 mm je tlačná hrana konstruována na přidržovači i na střížnici. Při stříhání ozubených kol a podobných dílců s ostrými úhly lze tlačnou hranu umístit i na střížnici i při menších tloušťkách než 4mm. Není však podmínkou, že tlačná hrana musí být vedena podél celého obrysu, stačí pouze kolem zvlášť kritických míst.

Díky zkušenostem získaných z praxe je jednoduché stanovení průběhu tlačné hrany a vzdálenosti od řezné hrany. Pokud by byla tlačná hrana umístěná příliš blízko roviny řezu, mohlo by v počátku stříhu dojít k odebírání materiálu. Oproti tomu při velké vzdálenosti od roviny stříhu dochází k větší spotřebě materiálu a také se zvětšuje potřebná celková síla, která je nezbytná k zatlačení do materiálu. O trvanlivosti celého nástroje rozhoduje správné umístění tlačné hrany.

Teoreticky se výška tlačné hrany volí dle kvality a tloušťky stříhaného plechu.

Na obr. 23 je znázorněn tvar tlačné hrany, kde jsou zakótovány rozměry  $\underline{a}$  a  $\underline{h}$ , které se volí dle tab.1 sestavené pro různé tloušťky stříhaného materiálu.

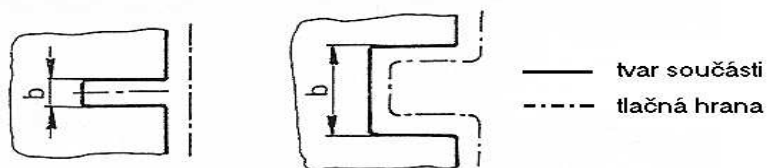


Obr. 23 Tvar tlačné hrany [6]

- $a$  – vzdálenost křivky stříhu ke špičce tlačné hrany,  $a = (0,6 \div 1,2) \cdot h$  (3.15)
- $h$  – hloubka nebo výška tlačné hrany;  $h = 1/6 \cdot s_o$  (materiály málo tvárné), (3.16)  
 $h = 1/3 \cdot s_o$  (materiály tvárné) (3.17)
- $h_1$  – odlehčení za tlačnou hranou, zpravidla  $h_1 = h + 0 \dots 0,05$  (3.18)

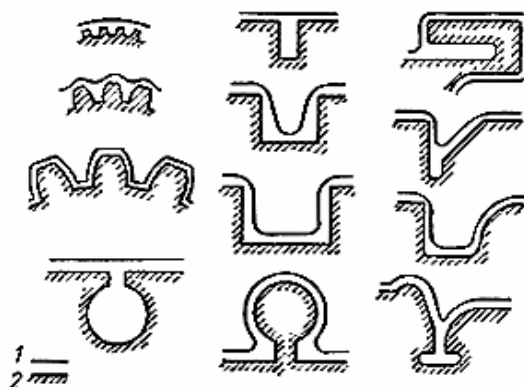
Pro tvary, které jsou komplikovanější je nutno dodržet následující podmínky:

- a. Pro zářezy o šířce  $b \leq 15 \cdot h \rightarrow$  tlačná hrana není vedena podél obrysu stříhu (3.19)
- b. Pro zářezy o šířce  $b \geq 15 \cdot h \rightarrow$  tlačná hrana je vedena podél stříhaného obrysu (3.20)



Obr. 24 Poloha tlačné hrany [6]

Na obr. 25 jsou ukázky typické příklady průběhu tlačné hrany vzhledem ke křivce stříhu.



Obr. 25 Příklady tlačné hrany [7]

1 – tlačná hrana, 2 – obrys součástí

Tab. 1 hodnoty pro tlačnou hranu [6]

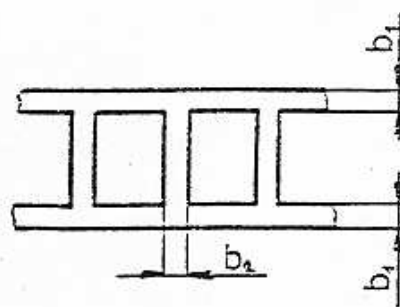
Tloušťka mat. [mm]	a	h	h <sub>1</sub>	R
0,5	0,5	0,2	0,25	0,04
0,8	0,6	0,25	0,3	0,05
1,0	0,7	0,3	0,35	0,06
1,2	0,8	0,3	0,35	0,06
1,5	1,0	0,35	0,4	0,07
1,8	1,2	0,4	0,45	0,08
2,0	1,4	0,4	0,45	0,08
2,2	1,5	0,4	0,45	0,08
2,5	1,75	0,4	0,45	0,08
3,0	2,1	0,45	0,5	0,09
3,5	2,5	0,45	0,5	0,09
4,0	2,8	0,5	0,55	0,1
4,5	3,2	0,5	0,55	0,1
5,0	3,7	0,55	0,6	0,11
5,5	4,0	0,6	0,65	0,12
6,0	4,2	0,6	0,65	0,12
6,5	4,4	0,65	0,7	0,13
7,0	4,6	0,65	0,7	0,13
7,5	4,8	0,7	0,75	0,14
8,0	5,0	0,7	0,75	0,14
8,5	5,25	0,7	0,75	0,14
9,0	5,5	0,8	0,85	0,16
9,5	5,75	0,8	0,85	0,16
10,0	6,0	0,85	0,9	0,17

### 3.3.3 Velikost šířky můstku a postranního odpadu [6]

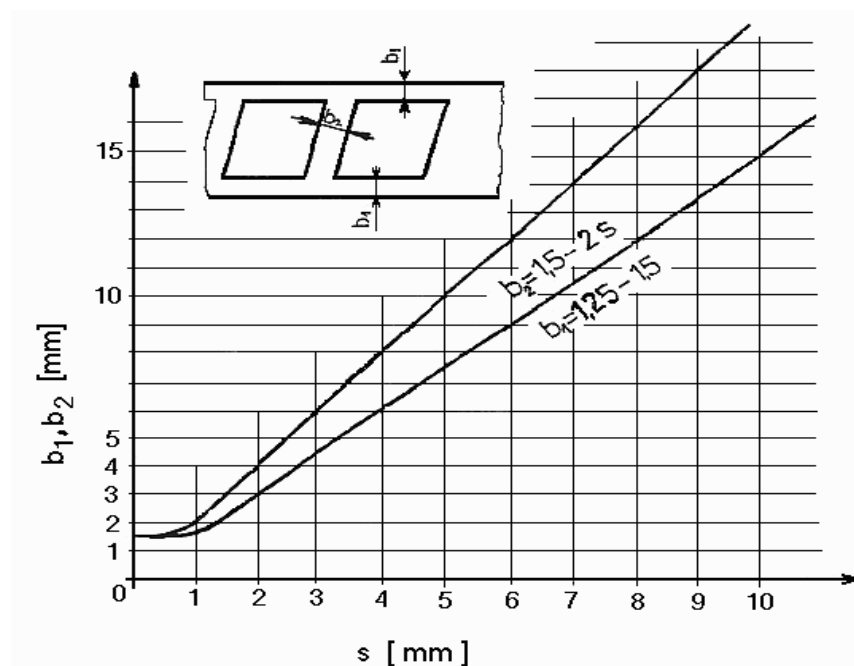
Šířka můstku a postranního odpadu se volí větší než u běžného vystříhování, protože přesné vystříhování vyžaduje nutný prostor pro zatlačení tlačné hrany do materiálu. Postranní odpad ( $b_1$ ) a šířka můstku ( $b_2$ ) jsou určeny z tab.2 podle tloušťky stříhaného materiálu. Na obr. 26 a 27 jsou znázorněny velikosti můstků a postranních odpadů dle firmy Feintool a Hydrel.

Tab. 2 Šířky můstků a postranních odpadů podle firmy Hydrel

Tloušťka materiálu [mm]	$b_2$ [mm]	$b_1$ [mm]
0,5	2	1,5
1	3	2
1,5	4	2,5
2	4,5	3
2,5	5	4
3	5,5	4,5
3,5	6	5
4	6,5	6
5	7	7
6	8	7,5
8	10	9
10	12	10
12,5	15	11
15	18	14



Obr. 26 Velikost můstků a postranních odpadů dle firmy Hydrel [6]



Obr. 27 Velikost můstků a postranních odpadů dle firmy Feintool [6]



### 3.3.4 Vhodnost tvaru součásti pro přesné stříhání [10], [12], [14]

Pro docílení kvalitních výstřižků přesným stříháním je hlavním předpokladem správné posouzení vhodnosti tvaru dané součásti. Technologií přesného stříhání lze zhotovit součásti s velmi členitými otvory i s tvarovými vnitřními otvory. Pro dosažení kvalitních výsledků je dobré řídit se zásadami získanými obvykle z praktických zkušeností.

#### Zásady pro navrhování a posuzování vhodnosti součásti:

1. Dát přednost kruhovým otvorům před nekruhovými → levnější výroba
2. Přesnost vnějších rozměrů výstřižků
3. Přesnost roztečí děrovaných otvorů
4. Nepředepisovat drsnost střížných ploch
5. Rovinnost výstřižků → obtížně dosažitelná
6. Velikost nejmenších děrovaných průměrů
7. Dodržovat vzdálenost otvorů od kraje výstřižků a mezi otvory
8. Min. šířka štíhlých výstřižků
9. Nedělat ostré rohy u vnitřních obrysů
10. Nedělat zbytečně ostré úhly rohů a vnitřních zářezů
11. Z hlediska využití materiálu není vhodný kruhový obrys výstřižku → ztráta asi 30%
12. Vhodné tvary

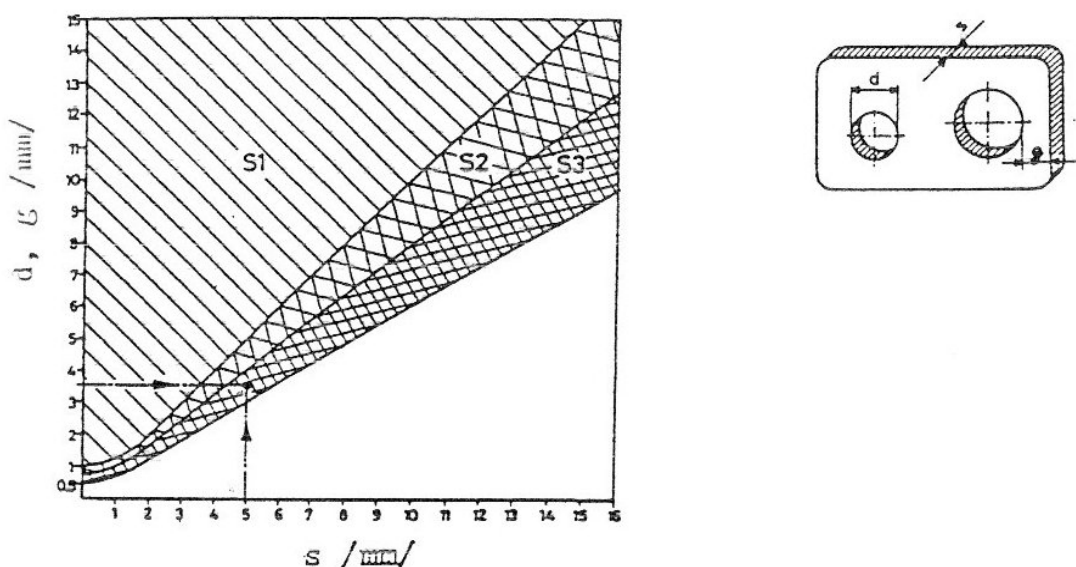
#### Minimální průměr otvoru a vzdálenost od okraje pásu

Díky pomalu probíhajícímu procesu stříhání a vyhazování odpadu po každém zdvihu můžeme vystřihovat otvory a drážky, které jsou menší než je tloušťka plechu. Stanovit minimální hodnoty rozměrů otvorů a jeho nejmenší vzdálenosti od okraje pásu je možné dle obecných vztahů z literatury.

$$g_{\min} = 0,6 \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.21)$$

$$d_{\min} = 0,6 \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.22)$$

Hodnota minimálních rozměrů otvorů a drážek závisí především na životnosti funkčních částí nástroje. Tyto hodnoty lze stanovit také pomocí diagramu na obr. 28.



Obr. 28 Diagram minimálních rozměrů otvorů a drážek [10]

Stupeň obtížnosti:  $S_1$  – jednoduchý

$S_2$  – středně obtížný

$S_3$  – obtížný

Nevhodná oblast, pro přesné stříhání je pod stupněm obtížnosti  $S_3$ . Pro dané stupně obtížnosti je stanovena rozdílná pevnost materiálu ve smyku:

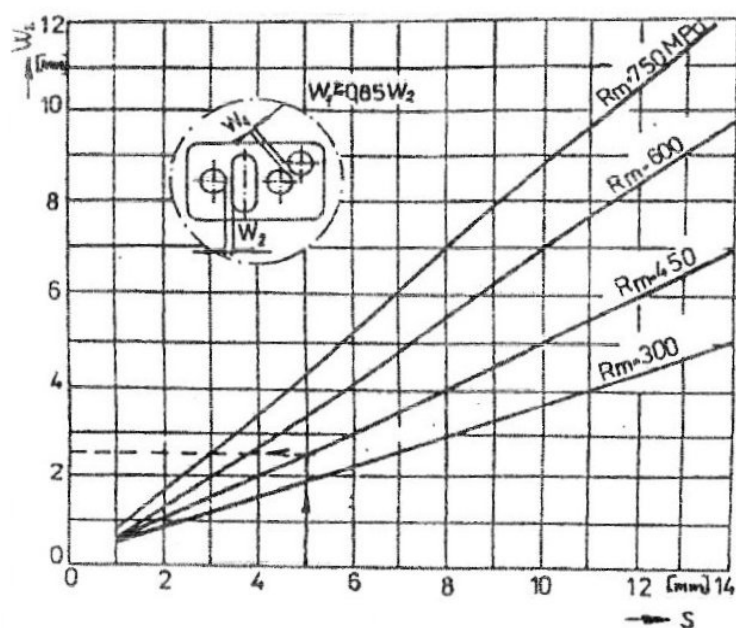
$S_1$  – až 700 MPa

$S_2$  – až 530 MPa

$S_3$  – až 430 MPa

#### Minimální vzdálenost mezi otvory a drážkami

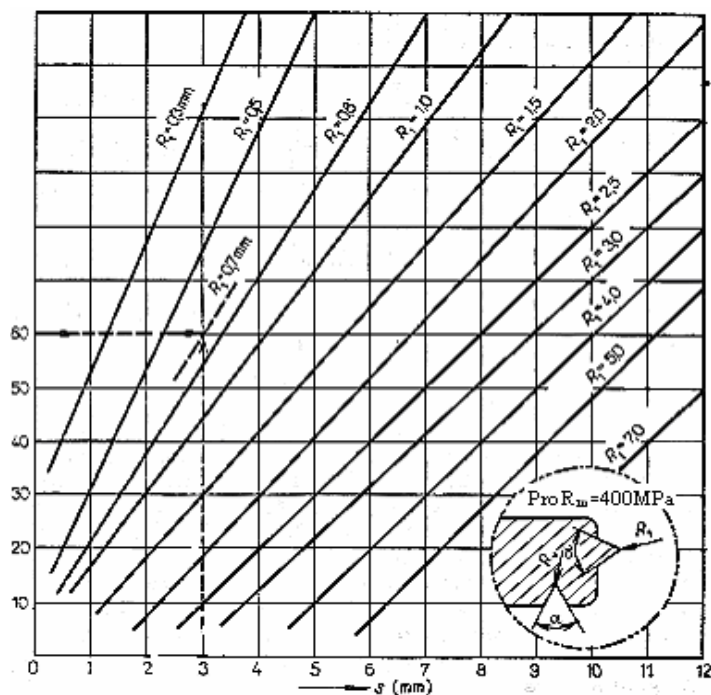
U součásti s mnoha otvory a drážkami je nutné správně zvolit jejich vzájemnou polohu a to z hlediska kvality střížných ploch a životností nástroje. Čím je tloušťka a pevnost stříhaného materiálu větší, tím se bude vzdálenost mezi otvory zvětšovat. Vzdálenost mezi otvory a drážkami lze určit z diagramu na obr. 29.



Obr. 29 Diagram k určení minimální vzdálenosti mezi otvory a drážkami [3]

#### Poloměry hran a rohů vystřihovaných součástí

Při navrhování konstrukce součásti vyráběných přesným vystřihováním je nutné volit optimální velikost poloměrů rohů a hran. Tato velikost závisí na vrcholovém úhlu, na pevnosti materiálu a na tloušťce plechu. Pokud jsou hrany a rohy součásti příliš ostré snižují zejména kvalitu střížných ploch a životnost nástroje. Z diagramu na obr. 30 lze stanovit poloměry hran.



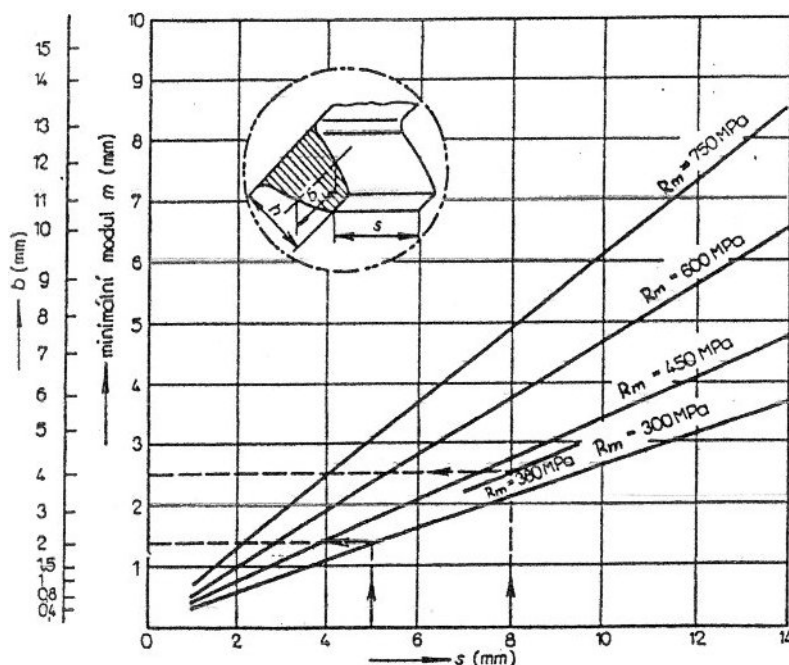
Obr. 30 Diagram k určení poloměrů hran a rohů [10]

Technologičnost výroby ozubení

Přesné stříhání je často využito při výrobě ozubených kol, ozubených hřebenů, atd. Z diagramu na obr. 31 je patrné, že tvar ozubení závisí především na tloušťce a pevnosti materiálu. Na zuby, které jsou na střížníku působí tlakové i ohybové napětí a to může způsobit v krajních případech odlamování zubů.

Pokud je šířka zubu měřená na roztečné kružnici a je menší, než tloušťka plechu dochází k velkému namáhání zubů. Minimální hodnota šířky zubu na roztečné kružnici je asi 60% tloušťky materiálu. To bylo zjištěno na základě praktických zkoušek v praxi a tato hodnota je vhodná k výrobě součástí přesným stříháním.

$$b_{\min} = 0,6 \cdot s \quad [\text{mm}] \quad (3.23)$$



Obr. 31 Minimální velikost modulu ozubení a šířky zubu na roztečné kružnici [10]

### **3.4 ČINITELE OVLIVŇUJÍCÍ KVALITU A ROZMĚROVOU PŘESNOST VÝSTŘIŽKU [10], [12], [14]**

Stav střížných hran hlavních funkčních částí nástroje, tloušťka stříhaného materiálu a jeho kvalita jsou jedny z parametrů ovlivňující kvalitu a přesnost střížné plochy. Jakost střížné plochy je možné posuzovat z hlediska rozměrové tolerance, struktury povrchu nebo také kolmosti střížné plochy k rovině plechu.

#### **3.4.1 Rozměrová tolerance**

Rozměrová přesnost výstřížku je určena především strukturou a pevností stříhaného materiálu, jeho tloušťkou a složitostí vystřihované součásti a v neposlední řadě také rozměry střížnice a střížníku. Ty se totiž v průběhu stříhání opotřebovávají a mění tedy svoje rozměry (střížník se zmenšuje a naopak střížnice zvětšuje svůj průměr). Kvůli těmto skutečnostem souvisejících se změnou rozměrů funkčních částí nástroje se střížnice konstruuje menší s ohledem na opotřebení, neboť její průměr je určující při stříhání vnějšího obvodu a rozměr druhé činné části má vliv menší.

#### **3.4.2 Struktura povrchu výstřížku**

Kvalita střížné plochy součásti závisí hlavně na jakosti střížnice a střížníku. Čistota materiálu je také důležitá, ale především z hlediska opotřebení a životnosti střížných hran nástrojů. Pokud bude materiál více znečištěn, vedlo by to k rychlému opotřebení střížných hran a nemožnosti tak vytvořit požadovanou přesnou střížnou plochu. Technologií přesného stříhání lze běžně dosahovat  $R_a = 0,4 - 1,6 \mu\text{m}$  a výjimečně i  $0,1 \mu\text{m}$ , kterou dosáhneme použitím nástroje s tvrdokovem.

#### **3.4.3 Rovinnost**

Rovinnost dílců zhotovených přesným stříháním je vždy lepší než u běžného stříhání. U tenkých plechů se při vystřihování uvolňuje vnitřní pnutí, které je silnější než u materiálů o větší tloušťce. Proto nejviditelnější deformace vzniká právě u tenkých plechů.

#### **3.4.4 Pravoúhlost střížných hran**

Pravoúhlost střížných hran není při stříhání úplně stoprocentní. U přesného stříhání však lze udržet úchyly od pravého úhlu v co nejmenších mezích. Největší pozornost věnujeme zvolenému nástroji a materiálu, ty přesnost úhlu ovlivňují nejvíce.

#### **3.4.5 Otřep**

Otřepy vzniklé na součástkách při přesném stříhání jsou zcela minimální a odstraněny buď omíláním, nebo přímo za lisem na samočinné pásové brusce. I přesto, že přesné stříhání pracuje téměř bez vůle, nelze vzniku otřepu zabránit. Výška otřepu je zpravidla menší než 10% tloušťky materiálu.

Výška otřepu závisí na:

- Pevnosti materiálu
- Tloušťce stříhaného plechu
- Stavů střížných hran střížnice a střížníku

### 3.4.6 Zaoblení hran

Stažená hrana neboli zaoblení hran na střížnici vzniká také při přesném stříhání, i když oproti běžnému stříhání je menší. Velikost tohoto zaoblení, které vzniká důsledkem plastické deformace materiálu, je závislé na velikosti úhlu stříhaného materiálu, tloušťce a drsnosti materiálu. Čím je ostřejší úhel, tím větší je zaoblení. Na zaoblení má vliv také velikost a uspořádání tlačné hrany. Větší zaoblení vzniká u měkkých materiálů. Zaoblení obvykle nepřesáhne 10% tloušťky plechu u přímých tvarů, 20% tloušťky plechu u zakřivených tvarů a 30% tloušťky plechu u extrémně složitých tvarů.

### 3.5 MATERIÁLY POUŽÍVANÉ PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [3]

Technologie přesného stříhání vyžaduje materiály, které mají velkou tvárnost za studena. Lze stříhat hliník a jeho slitiny (do  $R_m = 300\text{Mpa}$ ), měď, berylium a jeho slitiny, cementační oceli, některé druhy mosazi, feritické oceli, nelegované oceli, nízkolegované a austenitické nerezavějící oceli. Ocel je ve stavu vyžeháném normalizačně nebo na měkko od třídy 12. Mikrostruktura používaného materiálu je bez metalurgických vad.

Tab.3 Přehled některých materiálů pro přesné stříhání dle ČSN

Vhodnost pro přesné stříhání	Velmi dobrá	Dobrá	Špatná	Nevhodná	Nehodí se	Opotřebení nástroje
Označení materiálu	ČSN 11300, 11320, 11330, 11343, 11373, 11423, 11425, 12010, 12014, 12020, 12023, 12024, ČSN 42 4214 (mosaz)	ČSN 11500, 11600, 11700, 16720	Ms 63 Ms 60	Ms 58 (ČSN 42 3223)	Ms 63 Pb (ČSN 42 3214)	ČSN 12040, 12041, 12088, 13180, 14109, 14260, 15124, 15130, 16220, 16221, 16231, 16420, 17041, 17240, 17241, 17246, 17253, 19103, 19132, 19140, 19152, 19191, 19192, 19221, 19222, 19252, 19255, 19312, 19419, 19452

### 3.6 NÁSTROJE PRO PŘESNÉ STŘÍHÁNÍ [7], [12]

#### 3.6.1 Požadavky na konstrukci nástrojů

Mezi základní konstrukční požadavky patří:

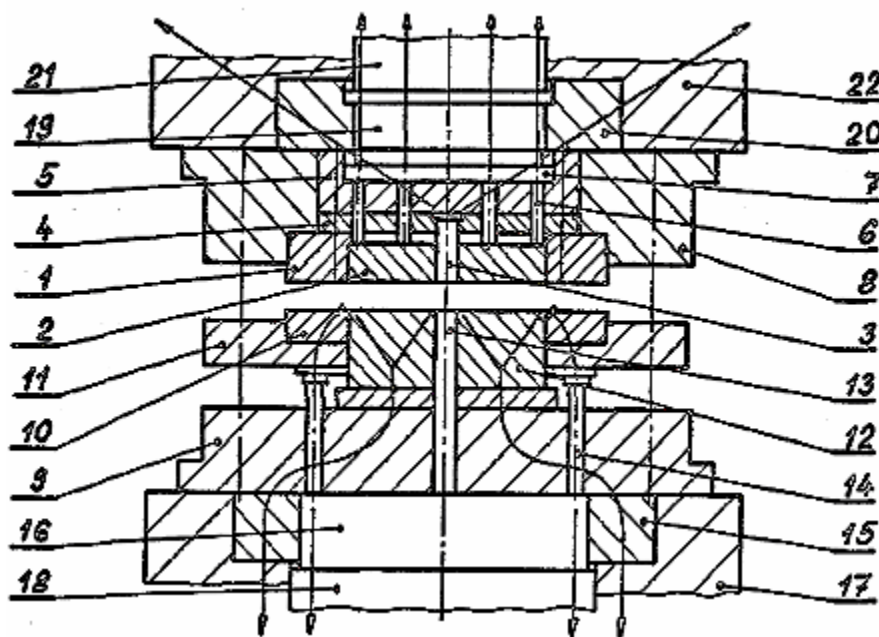
- Střížná mezera mezi střížníkem a střížnicí je téměř nulová
- Prvky ze kterých je nástroj složen jsou vystaveny velkému namáhání
- U nástrojů pro přesné stříhání nechybí přidržovač s tlačnou hranou
- Vyhazovač slouží k vyhození součásti ze střížnice a také k přenosu působící síly od lisu na materiál mezi střížníkem a vyhazovačem

#### 3.6.2 Konstrukce nástrojů pro přesné stříhání

Podle konstrukce můžeme nástroje rozdělit na nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem a naopak s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem. Konstrukce i uspořádání nástrojů pro přesné stříhání si jsou velice podobné. Proto můžeme různě kombinovat jejich díly.

##### a. Nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem

Střížník je po celém svém obvodu obepínán přidržovačem s tlačnou hranou a upevněn v horní části stojánku. Od tlakového pístu je přenášena potřebná síla k sevření materiálu mezi střížník a střížnicí. Síla je přenesena na přidržovač. Tlakový píst je také pohonem pro vyhození výstřížků ze střížniku. Ve spodní polovině vodícího stojánku je umístěna střížnice a vyhazovač s podložkou.



Obr. 32 Schéma nástroje s pevným střížníkem a pohyblivým přidržovačem [12]

Horní část nástroje:

1 – střížnice, 2 – vyhazovač, 3 – děrovací střížník, 4 – kotevní deska, 5 – podložka, 6 – tlačný kolík, 7 – vyhazovací kroužek, 8 – upínací deska vodícího stojánu

Spodní část nástroje:

9 – základová deska vodícího stojánu, 10 – přitlačná deska, 11 – vodící deska, 12 – tvarový střížník, 13 – vyrážecí, 14 – tlačný kolík

Spodní část lisu:

15 – tlakový opěrný kroužek, 16 – stavěcí tlakový kroužek, 17 – stůl lisu, 18 – hydraulický píst pro lisovací sílu

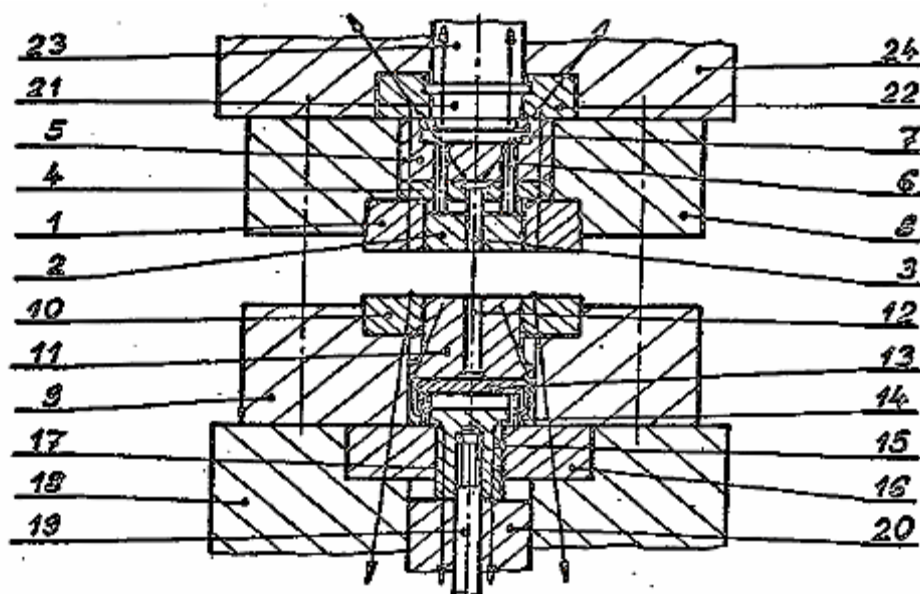
Horní část lisu:

19 – tlačná vložka, 20 – tlakový opěrný kroužek, 21 – hydraulický píst pro protitlak, 22 – stůl lisu

V obr. 32 je naznačený průběh síly v nástroji. V horní i spodní části nástroje působí střížná síla. Ve spodní části působí přidržovací síla a střížná síla. Střížná síla probíhá od střížnice přes přidržovač k upínací desce. V horní části se střížná síla křížuje se silou na vyhazovači. Mezi přidržovačem a střížnicí je určitá nerovnoběžnost, díky tomu, že síla je málokdy rozdělena rovnoměrně na tlačné svorníky.

b. Nástroje s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem

Přidržovač je pevně spojen s horní částí vodícího stojánu. V horní části vodícího stojánu je veden také dřík střížníku. Vyhazovač vytlačuje výstřížky ze střížníku. Na obr. 33 je vidět obdobné zakreslení působících sil jako je uvedeno výše. V spodní části jsou síly srovnatelné. V horní části jsou síly o něco příznivější než v předchozím obr. 32.



Obr. 33 Schéma nástroj s pohyblivým střížníkem a pevným přidržovačem [12]



Horní část nástroje:

1 – střížnice, 2 – vyhazovač, 3 – děrovací střížník, 4 – kotevní deska, 5 – podložka, 6 – tlačný kolík, 7 – vyhazovací kroužek, 8 – upínací deska vodícího stojánu

Spodní část nástroje:

9 – základová deska vodícího stojánu, 10 – přítlačná deska, 11 – tvarový střížník, 12 – vyrážecí, 13 – vyrážecí deska, 14 – tlačný kolík, 15 – držák střížníku

Spodní část lisu:

16 – tlakový opěrný kroužek, 17 – stavěcí tlakový kroužek, 18 – stůl lisu, 19 – upevňovací šroub, 20 – beran lisu

Horní část lisu:

21 – tlačná vložka, 22 – tlakový opěrný kroužek, 23 – hydraulický píst pro protitlak, 24 – stůl lisu

**3.6.3 Hlavní funkční části střížného nástroje**

Střížník – je nejvýhodnější, když je zhotovený z jednoho kusu. Střížník slouží k vystřížení vnějšího obvodu a musí být pojištěn proti působení stírací síly. Je uveden v přítlačné desce smykově bez vůle.

Střížnice – má podstatný vliv na jakost povrchu a přesnost tvaru výstřížku. Střížnice jsou obvykle čtvercového nebo kruhového tvaru, podle složitosti tvaru otvoru mohou být dělitelné nebo nedělitelné. Střížnice je vůči střížníku dokonale umístěna s ohledem na malou střížnou vůli. Ani po opakované montáži a demontáži se nesmí porušit jejich vzájemná poloha.

Přítlačná deska – spolu se střížnicí svírá stříhaný materiál a pomocí přítlačné desky je veden střížník. Na přítlačné desce je zhotovena tlačná hrana, která slouží k dosažení vhodného stavu napjatosti.

Vyhazovač – je veden smykově bez vůle ve střížnici. Jeho funkcí je rovnání a vyhazování výstřížku ze střížnice. Ze střížnice musí vyčnívat 0,1 až 0,2 mm. Ve vyhazovači, který musí být upevněn proti vypadnutí a pootočení, je umístěn odtlačovací kolík. Ten slouží k odfukování výstřížku.

**3.6.4 Tolerance střížníku a střížnice [10]**

Jedním z hlavních činitelů ovlivňujících tolerance střížných nástrojů je přesnost výrobku. Střížné nástroje musí být přesnější, tzn. jejich tolerance musí být nižší (výrobek – IT 11, IT 12 → střížný nástroj IT 7 až 8).

Také velikost střížné vůle ovlivňuje toleranci střížných nástrojů. Na volbu vůle mezi střížnými nástroji má vliv jakost střížné plochy, opotřebení nástroje a velikost střížné mezery.

Toleranční pole dané výrobním postupem součásti je pro správné určení rozměrů rozděleno na třetiny. Rozměry vnitřních tvarů součásti se tolerují tak, aby tolerance střížnice ležela v horní třetině tolerančního pole, neboť vnitřní rozměry se po vystřížení smršťují. Pro dodržení rozměrů vnějších tvarů leží tolerance střížnice v dolní třetině

tolerančního pole. Výhodou tohoto způsobu je, že při vystřížení součásti s malými rozměry může být střížnice dále opracována. Střížník je podle rozměrů střížnice tolerován se střížnou mezerou  $m/2 = 0,5\%$  s. (Novotný, Langer)

### 3.6.5 Materiál funkčních částí střížného nástroje [14]

Materiál používaný na střížnici, kruhové střížníky a přidržovač je z nástrojové oceli 19 437 tepelně zpracován kalením a popouštěním na HRC 58 – 61. Na tvarové střížníky se používá materiál z Mo 5 – PK – kováno s pomalým předhřevem a kaleno z teploty 1160 – 1180 °C a popuštěno na 550 – 570 °C – 5 krát. Ocel 19 436 kalena a popuštěna na 58 – 61 HRC je vhodná pro vyhazovač, opěrné kolíky a držák. Tlačné a vyhazovací kolíky jsou z materiálu 19 421 kaleno a popuštěno na 59 – 61 HRC.

## 3.7 MATERIÁLY PRO STŘÍŽNÉ NÁSTROJE [2]

### 3.7.1 Požadavky na vlastnosti materiálů

Pro výrobu střížných nástrojů jsou kladeny tyto požadavky:

- Vysoká stálost ostří a odolnost proti otupování funkčních hran → dobrá odolnost proti opotřebení a houževnatosti
- U rozměrnějších nástrojů dostatečná kalitelnost a prokalitelnost
- Malé rozměrové deformace při tepelném zpracování
- Dobrá obrobitelnost a obrusitelnost
- Přijatelná cena výchozího polotovaru

### 3.7.2 Rozdělení materiálů do skupin [11]

Materiály pro střížné nástroje je možné rozdělit do 5 základních skupin:

1. Konstruktční oceli – tříd 10 a 11, oceli tříd 12 až 17 → ušlechtilé (uhlíkové, slitinové)
2. Nástrojové oceli – ušlechtilé oceli třídy 19
3. Oceli na odlitky – v případě, že šedá litina pevnostně nevyhovuje
4. Šedá litina
5. Ostatní materiály – SK, slitiny Al, Zn, lité pryskyřice plněné kovovým nebo nekovovým plnidlem, pryž, dřevo, papír

## 3.8 MAZÁNÍ [12]

Dnes je podmínkou, aby lisy pro přesné stříhání, materiál funkčních dílů nástroje a chladicí maziva odpovídaly nejvyšším požadavkům na kvalitu a byly navzájem sladěné. Přesné stříhání pracuje za vysokého tlaku, tím se zvyšuje teplota, a proto k mazání není vhodný čistý živočišný, rostlinný ani minerální olej.

Maziva pro přesné stříhání WISURA neobsahují chlór a těžké kovy. Jsou to vysoce výkonné produkty na bázi vybraných ropných olejů. Tyto oleje obsahují vysoký podíl

různých EP (Extreme Pressure Additives) přísad pro snížení tření. Mazací film má vynikající smáčivost a přilnavost, a také pevnost v tlaku a smykovou stabilitu.

Použití maziva WISURA: V nezředěném stavu. Plošné a stejnosměrné oboustranné nanesení válečkem nebo pomocí stříkacích systémů. Se vzrůstající tloušťkou plechu se volí vyšší viskozita a silnější film maziva.

Odstranění maziva WISURA: Pomocí rozpouštědel a čisticích prostředků rozpustných ve vodě. K dispozici jsou na vyžádání speciální formulace pro austenitické materiály, hliník a hliníkové slitiny, měď a slitiny mědi.

## **4 NÁVRH OPTIMÁLNÍ TECHNOLOGIE VÝROBY ZADANÉ SOUČÁSTI**

### **4.1 MOŽNÉ TECHNOLOGIE K VÝROBĚ ZADANÉ SOUČÁSTI**

Zadanou součást je možné vyrobit několika způsoby. Stručný popis jednotlivých technologií napomůže k výběru té nejvhodnější. Vybraná technologie bude podrobněji rozebrána a budou na ní zpracovány potřebné výpočty.

#### **4.1.1 Výroba postupovým stříháním**

Na výrobu zadané součásti je možné postupové stříhání s následným přistřižením na přesný rozměr a frézování ozubení. Požadovaných tolerančních rozměrů ozubení se dosahuje broušením a otvory jsou dodělány na daný rozměr pomocí vystružování. Tento způsob výroby je rozdělen na několik operací.

V první operaci bude z pásu plechu vystřižen základní rozměr součásti. V prvním kroku jsou vyděrovány otvory pomocí postupového střížného nástroje. Ve druhém kroku je vystřižen základní rozměr součásti s přídavkem na přistřižení. Ve druhé operaci dojde k odstřižení přídavku na přistřižení. Metodou přistřihování vnějších obrysů s kladnou vůlí. Ve třetím kroku je součást odjehlena pomocí omílání v rotačním bubnu. Dále jsou použity speciální výstružníky k dokončení otvorů na přesný rozměr. Díry už dále není nutno brousit, výstružníky způsobí dostatečně kvalitní plochu. Po následné kontrole, se v šesté operaci frézují zuby na odvalovací frézce. Výstřižky se upnou do speciálních přípravků po 10 kusech a jako nástroj je použita speciální fréza. Požadované kvality plochy zubů je dosaženo jejich přebroušením na vodorovné brusce. Na závěr dojde ke kontrole všech výstupních rozměrů. Pro vysoký počet vyráběných kusů není tato metoda příliš produktivní.

#### **4.1.2 Výroba leaserem**

Danou součást polohovacího mechanismu je možné vyrobit řezáním leaserem. U této metody výroby je nevýhoda, že nelze zajistit dostatečně malé zaoblení střížných hran. Drsnost a přesnost povrch po celkové řezné ploše nemá požadovanou kvalitu. Výrobní čas vztažen na výrobu jedné součásti je poměrně dlouhý a při výrobě 800 000 ks by tato metoda nebyla příliš výhodná. Nedochozí u ní ani k požadované přesnosti a každá se součásti by musela být ještě upravena dokončovací operací jemného broušení.

#### **4.1.3 Výroba zadané součásti přesným stříháním**

Zadanou součást lze vyrobit pomocí přesného stříhání s tlačnou hranou v jedné operaci, tedy na jeden zdvih stroje. Při výrobě dané součásti přesným stříháním dosahujeme vysoké kvality a přesnosti bez použití dokončovacích operací. Díky tomu dochází ke zvýšení produktivity výroby vzhledem k zadanému počtu kusů (800 000 ks). K nevýhodám použití této metody patří velká spotřeba materiálu a použití drahého stroje (trojčinný lis).

Z hlediska přesného stříhání hodnotíme technologičnost součástí takto:

- 1) Materiál: 11 320.30 – nízkouhlíková, hlubokotažná ocel  
Chemické složení: C [%] – max. 0,11; S [%] – max. 0,045; P [%] – max. 0,045  
Stav : žíhaný na měkko  
Mechanické vlastnosti: pevnost v tahu  $R_m = 270$  až  $490$  MPa, tažnost  $A_{10} = 30\%$
- 2) Minimální průměr otvoru: 10,1 mm je nejmenší děrovaný průměr otvoru, ten zcela vyhovuje podmínce, která říká, že velikost děrovaného otvoru by měla být minimálně rovna 60% tloušťky plechu, což je určeno ze vztahu (3.22) kap. 3.3.4  
$$d_{\min} = 0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 3 = 1,8\text{mm}$$
- 3) Minimální vzdálenost otvoru od okraje: určíme z kapitoly 3.3.4 dle uvedeného vzorce (3.21). Z výkresu zadané součásti je zcela patrné, že vzdálenost otvoru od okraje je větší než 1,8 mm, což je vyhovují dané podmínce.  
$$g_{\min} = 0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 3 = 1,8\text{mm}.$$
- 4) Minimální vzdálenost mezi otvory: Na výkrese zadané součástí (příloha...) je nejmenší vzdálenost mezi otvory 13,2 mm. Minimální hodnotu  $w_2$  mezi otvory je možno získat z diagramu obr. 30 (kap. 3.3.4) pomocí  $R_m$ . Pro náš případ :  $R_m = 380$  MPa  $\rightarrow w_2 = 1,25$ . Podmínka vyrobiteľnosti zcela vyhovuje -  $13,2 > 1,25$ .
- 5) Minimální velikost poloměrů rohů a hran: Důležitou částí stříhané součásti je tvar ozubení, u kterého je nutné dodržet jeho tvarovou a rozměrovou přesnost. Z výkresu zadané součásti (příloha 5) je zaoblení hran zubů  $R = 0,54$  mm. Zaoblení hran zubu je pod vrcholovým úhlem přibližně  $\alpha = 110^\circ$ . Minimální poloměr rohů a hran je zjištěn z diagramu na obr. 31 (kap.3.3.4) je roven  $R_1 = 0,25\text{mm}$ . Podmínka  $R > R_1 \rightarrow$  poloměr rohů a hran zadané součásti, lze vyrobit zvolenou technologií.
- 6) Technologičnost výroby ozubení: Zuby střížníku budou poměrně hodně namáhány vzhledem k tomu, že šířka zubů na roztečné kružnici je menší než tloušťka plechu. Minimální šířka zubu měřená na roztečné kružnici je asi 60% tloušťky plechu (3.23 ), tzn. součást vyhovuje podmínce a daná součást se může zhotovit přesným stříháním.  
$$b_{\min} = 0,6 \cdot s = 0,6 \cdot 3 = 1,8\text{mm}$$
- 7) Hodnocení přesnosti rozměru: Zadaná součást, která má dva otvory průměr 10,1 H7 a průměr 16,1 H7, lze vyrobit technologií přesného stříhání. Tato technologie totiž dokáže vyrobit rozměry s přesností IT 6 až IT 9.
- 8) Drsnost povrchu: Jakost povrchu zadané součásti je  $R_a = 1,6$   $\mu\text{m}$ . Technologií přesného stříhání se dosahuje přesnosti povrchu  $R_a = 0,4$  až  $1,6$   $\mu\text{m}$ , tzn. je jakost povrchu je vyhovující.
- 9) Závěr: Všechny podmínky potřebné na výrobu zadané součásti jsou splněny a technologie přesného stříhání může být tedy použita k její výrobě.

## 5 KONSTRUKČNÍ A TECHNOLOGICKÉ ŘEŠENÍ ZADANÉ SOUČÁSTI

### 5.1 POPIS A FUNKCE NÁSTROJE

Nástroj je složen z horního a spodního dílu. Spodní díl je pohyblivý a horní pevně upnut. Nástroj je konstruován k výrobě dvou výstřížků na jeden zdvih stroje.

Horní část nástroje je nepohyblivá a je upnuta v beranu lisu. V horní části nástroje se nachází upínací deska, ke které je pomocí kolíků a šroubů připevněna tvarová opěrná deska. Tato deska slouží k uložení tvarových střížníků připevněných pomocí šroubů, které jsou v upínací desce zapuštěny s určitou vůlí. Správná poloha střížníku je určena pomocí kalené podložky, která je umístěna mezi střížníkem a opěrnou deskou. Přítlačná deska je připevněna šrouby k vodící desce a jsou na ní zhotoveny tlačné hrany daného tvaru. Celek, který tvoří přítlačná a vodící deska je pružně připevněn k upínací desce, pomocí pružin a šroubů. Tvarová opěrná deska je zasunuta do vodící desky. Ve střížníku, který je smykově veden v přítlačné desce, jsou umístěny kruhové vyhazovače. Aby nedošlo k vypadnutí vyhazovačů, jsou podepřeny podložkou střížníku a díky otvorům v opěrné desce je umožněn jejich vertikální pohyb. Vlivem maziva dochází k přilnutí plechu na vyhazovač. Ten je však opatřen tzv. odlepovákem, který prostřednictvím pružin odlepí přilnutý výstřížek či odpad z plochy vyhazovače. K dosažení rovnoměrného a pevného dosednutí přítlačné desky na pás plechu je zajištěno kolíky, které procházejí upínací a opěrnou deskou. Tímto spojením dojde také k důkladnému zatlačení tlačné hrany do plechu. Vedení pro pás plechu je připevněno po obou stranách šrouby a kolíky k vodící desce. Toto vedení slouží k protažení a zasunutí plechu do drážek ve válcových čepech, což slouží jako postranní vedení pásu, aby nedošlo k prohnutí plechu.

Spodní část nástroje je upevněna na pohyblivém stole a pohybuje se směrem k horní části nástroje. Na základové desce je umístěna deska střížnice, která slouží k uložení dvou střížných vložek. Střížné vložky jsou pro snadné vyjímání při případné poškození uloženy s postranní vůlí. Tvarový vyhazovač je uložen ve střížné vložce smykově bez vůle. Vyhazovač je ovládán vyhazovacím zařízením lisu přes vyhazovací kolíky a destičky vyhazovače. Děrovací střížníky jsou vedeny smykově bez vůle ve vyhazovači. Tyto střížníky jsou ukotveny pomocí kalených distančních kroužků v kotevní desce a jsou opřeny o kalenou opěrnou vložku. K desce střížnice je pevně jako celek přišroubována opěrná a kotevní deska. Ve střížné desce jsou otvory uzavřené pohyblivými zátkami, které jsou ovládané pružinami. Zátky zamezují zapadnutí odpadu či výstřížku do otvoru. K odlepování výstřížků a odpadu z něj je umístěn na základové desce pneumatický mechanismus. Ve spodní části nástroje jsou uloženy střížníky na pevně, takže samostatně nevykonávají žádný pohyb. Vyhazovací kolíky ovládají pohyb tvarového vyhazovače s tvarovými destičkami, který je v této části nástroje jediný pohyblivý.

Funkce nástroje: spodní část nástroje se pohybem zezdola nahoru přibližuje horní části nástroje. Tím je způsobeno, že deska střížnice dosedne na pás plechu a plech tlačí na přítlačnou desku a tak dojde k zatlačení tlačné hrany do materiálu. V tomto

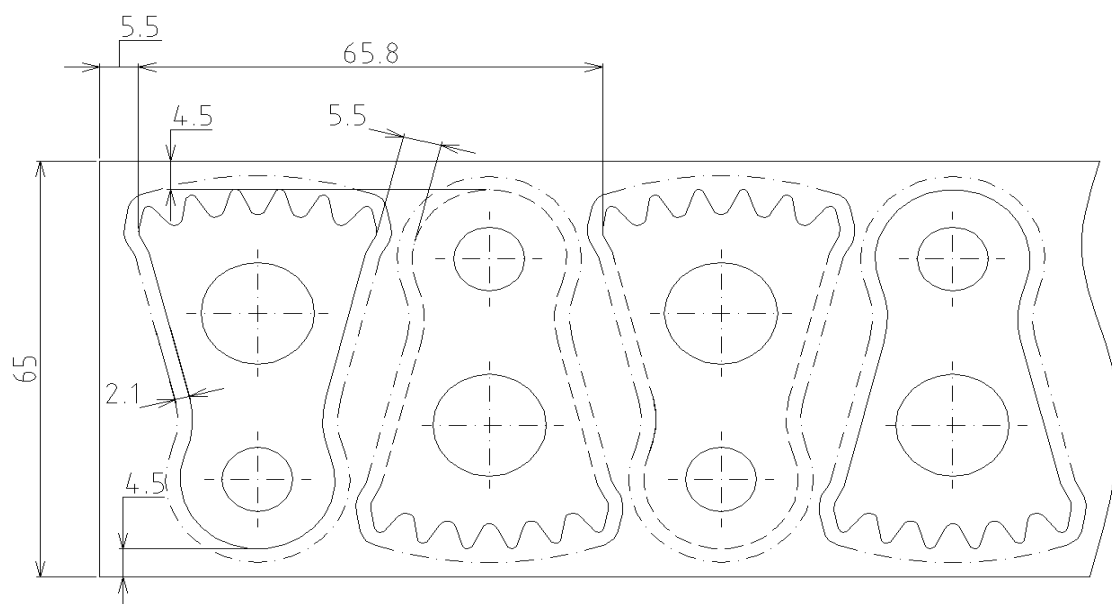
okamžiku dojde k zatlačení pružné zátky níže do otvoru, tj. způsobeno tím, že postranní vedení pásu a středící čepy se zasouvají do střížné desky. Celek tvořený vodící a přítlačnou deskou se stálým pohybem spodní části nástroje zvedá vzhůru, kde dojde k zasunutí opěrné desky do tvarového otvoru vodící desky. Ve stejné chvíli dochází k zatlačení tvarového střížníku v horní části a kruhového střížníku ve spodní části do pásu plechu. Což způsobí vystřížení obvodu součásti a děrování otvorů uvnitř součásti. Výstřížek je vtačován do otvoru ve střížné vložce a posouvá tak tvarový vyhazovač směrem dolů. Kruhové střížníky také vtačují vyděrovaný odpad do otvorů v tvarovém střížníku. Aby došlo k dokonalému vysunutí výstřížku a kruhového odpadu z pracovní části, je zapnuto vyhazovací zařízení stroje. To způsobí, že vyhazovače jsou zpět zatlačeny do polohy a vyčnívají 0,2 mm nad úroveň střížné a přítlačné desky. V horní části jsou pomocí vyhazovacího zařízení ovládány také odtlačovací kolíky, které slouží k umístění pohyblivého celku do původní polohy.

## 5.2 KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY

### 5.2.1 Nástřihový plán

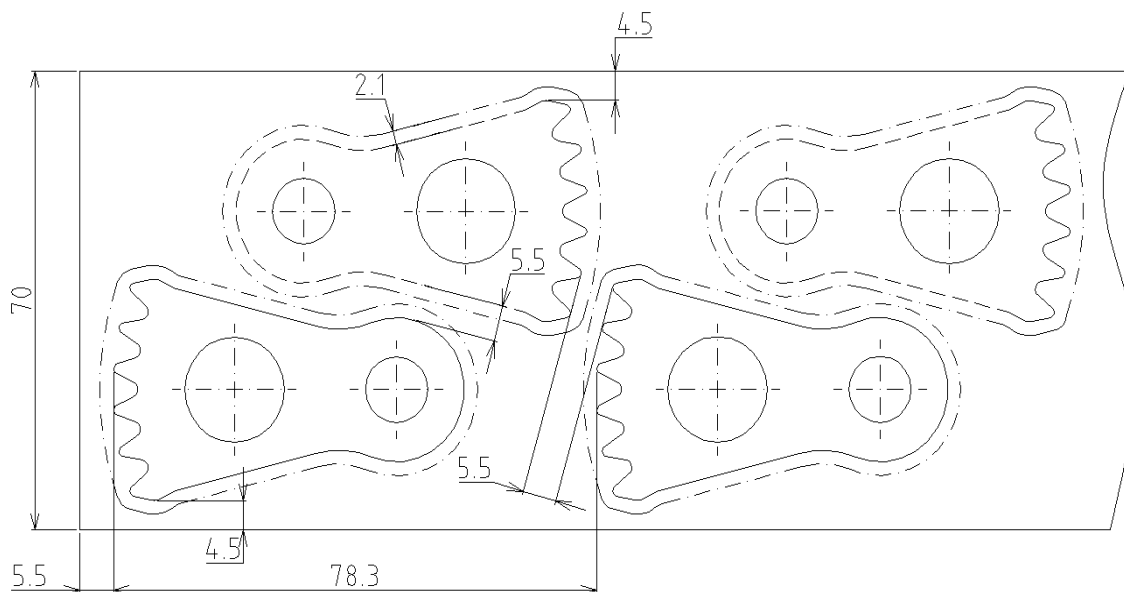
Nástroj bude vyrábět dva výstřížky na jeden zdvih. Výstřížky budou vystřihovány dle uvedeného nástřihového plánu. Na jeden krok výstřížku budou vystříženy dvě součásti. Střížníky jsou umístěny tak, aby bylo správné rozložení sil působících na střížník a možnost snadné vyměnitelnosti jednotlivých střížných vložek.

#### VARIANTA A



Obr. 34 Nástřihový plán

## VARIANTA B



Obr. 35 Nástřihový plán

**5.2.2 Výpočet délky pásu, využití materiálu, hmotnost technologického odpadu**

Dle uvedeného vzorce vypočítáme délku plechu  $L_p$  potřebnou na výrobu 800000 ks součástí. Do výpočtu nebudou zahrnuty technologické přídatky a výměna svítka.

Délka pásu plechu:

## VARIANTA A

$$L_p = \frac{n}{n_2} \cdot K = \frac{800000}{2} \cdot 65,8 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{26320m}} \quad (5.1)$$

## VARIANTA B

$$L_p = \frac{n}{n_2} \cdot K = \frac{800000}{2} \cdot 78,3 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{31320m}}$$

kde:

- |  |      |
|--|------|
| $n_c$ – celkový počet kusů                 | [ks] |
| $n_2$ – počet kusů na jeden krok           | [ks] |
| $L_p$ – délka pásu pro vystřížení 800000ks | [mm] |
| $K$ – délka kroku                          | [mm] |



Využití materiálu:

Plocha výstřižku:  $S_v = 1251,42 \text{ mm}^2 = 0,00125142 \text{ m}^2$  (plocha získaná pomocí programu AutoCad)

Šířka pásu: var. A -  $\check{S} = A + 2 \cdot b_1 = 56 + 2 \cdot 4,5 = 65 \text{ mm} = 0,065 \text{ m}$

var. B -  $\check{S} = A + 2 \cdot b_1 = 61 + 2 \cdot 4,5 = 70 \text{ mm} = 0,070 \text{ m}$

Délka pásu: var. A -  $L_p = 26320 \text{ m}$

var. B -  $L_p = 31320 \text{ m}$

## VARIANTA A

$$K_m = \frac{n_c \cdot S_v}{B \cdot L_p} \cdot 100 = \frac{800000 \cdot 0,00125142}{0,065 \cdot 26320} \cdot 100 = \underline{\underline{58,5\%}} \quad (5.2)$$

## VARIANTA B

$$K_m = \frac{n_c \cdot S_v}{B \cdot L_p} \cdot 100 = \frac{800000 \cdot 0,00125142}{0,07 \cdot 31320} \cdot 100 = \underline{\underline{45,66\%}}$$

kde:

$n_c$ – celkový počet kusů	[ks]
$S_v$ – plocha výstřižku	[mm <sup>2</sup> ]
$B$ – šířka pásu	[mm]
$L_p$ – délka pásu potřebná na výrobu 800000 ks součástí	[mm]
$K_m$ – využití spotřeby materiálu	[%]

Další výpočty budou provedeny pouze dle nástřihového plánu varianty A, protože zvolené uspořádání výstřižku má větší využití materiálu, než rozložení na plánu varianty B.

Výpočet délky pásu na bubnu dle vzorce:

Svítek plechu bude namotán na bubnu o rozměrech: vnitřní průměr = 500 mm, vnější průměr = 1200 mm.

$$DS = \frac{(D_B^2 - d_B^2)}{4 \cdot s} \cdot \pi = \frac{(1,2^2 - 0,5^2)}{4 \cdot 0,003} \cdot \pi = \underline{\underline{311,5m}} \quad (5.3)$$

kde:

$D_B$ – vnější průměr bubnu	[mm]
$d_B$ – vnitřní průměr bubnu	[mm]
$s$ – tloušťka plechu	[mm]

Objednáme 310 m pásu v jednom svitku.

Potřebný počet svitků na výrobu 800000 kusů:

$$P_s = \frac{L_p}{L_{s1}} = \frac{26320}{310} = 84,9 \cong \underline{\underline{85ks}} \text{ svitků} \quad (5.4)$$

kde:

$L_p$  – celková délka pásu potřebná na výrobu 800000ks [mm]

$L_{s1}$  – zvolená délka jednoho svitku [mm]

$P_s$  – potřebný počet svitku [ks]

Výpočet spotřeby materiálu pro výrobu 800 000 ks/rok

▪ Plocha jednoho svitku:  $S_s = DS \cdot \check{S} = 310 \cdot 0,065 = \underline{\underline{20,15m^2}} \quad (5.5)$

▪ Hmotnost svitku:  $m_{sv} = \rho \cdot S_s \cdot s = 7850 \cdot 20,15 \cdot 0,003 = \underline{\underline{474,53kg}} \quad (5.6)$

▪ Celková spotřebovaného plechu:  $m_c = m_{sv} \cdot P_s = 474,53 \cdot 85 = \underline{\underline{40335,05kg}} \quad (5.7)$

▪ Plocha součásti:  $S = 967,72mm^2 = 0,96772 \cdot 10^{-3}m^2$  (výpočet pomocí AutoCad)  $(5.8)$

▪ Hmotnost 1 součásti:  $m_s = \rho \cdot S \cdot s = 7850 \cdot 0,96772 \cdot 10^{-3} \cdot 0,003 = \underline{\underline{0,0227898kg}} \quad (5.9)$

▪ Hmotnost vystřižených součástí:

$$m_{cs} = Q \cdot m_s = 8 \cdot 10^5 \cdot 0,0227898 = \underline{\underline{18231,84kg}} \quad (5.10)$$

▪ Hmotnost technologického odpadu:

$$m_{po} = m_c - m_{cs} = 40335,05 - 18231,84 = \underline{\underline{22103,21kg}} \quad (5.11)$$

### 5.2.3 Tlačná hrana

Tloušťka stříhaného materiálu je 3 mm, a proto tlačná hrana bude umístěna pouze na přítlačné desce. Tvar tlačné hrany je uved v kapitole 3.3.2 na obr. 24.

a) Výška tlačné hrany h:

Pro tloušťku plechu  $s = 3$  mm je výška  $h = 0,45$  mm a  $h_1 = 0,5$  mm dle tab. 1 v kapitole 3.3.2

b) Vzdálenost hrany od stříhaného obrysu a:

Dle tloušťky plechu  $s = 3$  mm je odečtena vzdálenost  $a = 2,1$  mm dle tab. 1 v kapitole 3.3.2. Vzdálenost a je konstantní po celém obvodu stříhané součásti.

Pro určení polohy tlačné hrany platí tyto vzorce: (kap. 3.3.2)

- Pro zářezy o šířce  $b \leq 15 \cdot h$  - hrana není vedena podél obrysu stříhu
- Pro zářezy o šířce  $b > 15 \cdot h$  - hrana je vedena podél obrysu stříhu

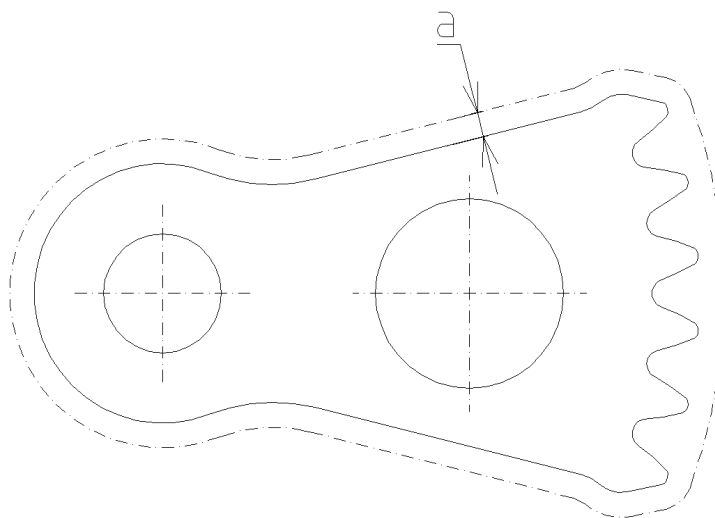
V našem případě zvolíme za hodnotu  $b$  vzdálenost dvou sousedních zubů na středním průměru. Hodnotu  $b = 3,6 \text{ mm}$  dosadíme do vzorce:

$$b \leq 15 \cdot h$$

$$3,6 \leq 15 \cdot 0,45$$

$$3,6 \leq 6,75 \text{ mm}$$

Dle uvedeného výpočtu platí první případ. Tlačná hrana není vedena podél celého obrysu stříhu. Poloha tlačné hrany je vidět na obr. 36.



Obr. 36 Poloha tlačné hrany

#### 5.2.4 Střížná vůle

Střížná vůle se pro plech tloušťky  $s \leq 3 \text{ mm}$  vypočítá dle vztahu (3.13) uvedeného v kap. 3.3.1:

$$v = c \cdot s \cdot 0,32 \cdot \sqrt{\tau_s}$$

$$v = 7 \cdot 10^{-4} \cdot 3 \cdot 0,32 \cdot \sqrt{280}$$

$$v = 0,01124 \text{ mm}$$

Zadané hodnoty:

$$c = 7 \cdot 10^{-4}$$

$$s = 3 \text{ mm}$$

$$\tau_s = (0,8 \div 0,86) \cdot R_m$$

$$R_m = 350 \text{ MPa}$$

Dle výpočtu je střížná vůle  $v = 0,01124 \text{ mm}$ . Na základě dlouholeté praxe se pro návrh střížného nástroje volí střížná vůle  $v = 0,015 \text{ mm}$  pro tloušťku materiálu  $s = 3 \text{ mm}$  dle grafu obr. 23 uvedeného v kap. 3.3.1.

### 5.2.5 Plocha součásti, délka křivky stříhu a tlačné hrany

Plocha i délka součásti byla zjištěná pomocí programu AutoCad, ve kterém byla součást narýsovaná.

Plocha součásti:  $S = 967,72\text{mm}^2$ ,  $(S = \frac{V}{tl.} = \frac{2903,16\text{mm}^3}{3\text{mm}} = 967,72\text{mm}^2)$

Délka křivky stříhu:  $L = 262,1096\text{mm}$

Délka tlačné hrany:  $L_h = 169,6393\text{mm}$

### 5.2.6 Výpočet sil působících při přesném stříhání

Střížná síla (3.6):

$$F_s = n \cdot L \cdot s \cdot \tau_s$$

$$F_s = 1,2 \cdot 262,1096 \cdot 3 \cdot 280$$

$$F_s = \underline{\underline{264206N}}$$

$$n = 1,2$$

$$L = 262,1096\text{mm}$$

$$s = 3\text{mm}$$

$$\tau_s = 0,8 \cdot 350 = 280\text{MPa}$$

Síla na přítlačné desce (3.7):

$$F_p = k \cdot L_h \cdot h$$

$$F_p = 1400 \cdot 169,6393 \cdot 0,45$$

$$F_p = \underline{\underline{106872N}}$$

$$k = 4 \cdot R_m = 4 \cdot 350 = 1400\text{MPa}$$

$$h = 0,45$$

$$L_h = 169,6393\text{mm}$$

Síla na vyhazovači (3.8):

$$F_v = S \cdot p$$

$$F_v = 967,72 \cdot 40$$

$$F_v = \underline{\underline{38709N}}$$

$$S = 967,72\text{mm}^2$$

$$p = 40\text{MPa}(30 - 70\text{MPa})$$

Celková síla na výrobu jednoho výstřížku (3.5):

$$F_c' = F_s + F_p + F_v$$

$$F_c' = 264206 + 106873 + 38709$$

$$F_c' = \underline{\underline{409788N}}$$

Celková síla na výrobu dvou výstřižků na jeden zdvih nástroje:

$$\begin{aligned}
 F_c &= 2 \cdot F_c' \\
 F_c &= 2 \cdot 409788 \\
 F_c &= \underline{\underline{819576N}}
 \end{aligned}
 \tag{5.12}$$

### 5.2.7 Celková práce při přesném stříhání

Pro výpočet celkové práce je použit vzorec (3.9) z kapitoly (3.2.5).

$$\begin{aligned}
 A_c &= A_s + A_p + A_v \\
 A_c &= (0,48 \cdot L \cdot s^2 \cdot R_m + 2 \cdot R_m L_h \cdot h + S \cdot p \cdot s) \cdot 10^{-3} \\
 A_c &= (0,48 \cdot 262,1096 \cdot 3^2 \cdot 350 + 2 \cdot 350 \cdot 169,6393 \cdot 0,45 + 967,72 \cdot 40 \cdot 3) \cdot 10^{-3} \\
 A_c &= \underline{\underline{565,872J}}
 \end{aligned}$$

### 5.2.8 Kontrola střižníku na otláčení

Střižník budeme kontrolovat na otláčení u průměru 10,1 mm, u něhož bude použit průměr 14 mm osazené upínací části. Pokud by napětí na dosedací ploše střižníku překročilo hodnotu  $\bar{\sigma} = 180 \text{ MPa}$ , mohlo by dojít k omačkání upínací desky. Proto by v tomto případě bylo nutné vložit mezi střižník a upínací desku kalenou opěrnou desku.

$$\sigma = \frac{F_{s1}}{S_s} = \frac{n \cdot \pi \cdot d_1 \cdot s \cdot \tau_s}{\frac{\pi \cdot d_1^2}{4}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot 14 \cdot 3 \cdot 280}{\frac{\pi \cdot 14^2}{4}} = \underline{\underline{240MPa}}
 \tag{5.13}$$

kde:

$\sigma$ – napětí na dosedací ploše střižníku v upínací hlavici	[MPa]
$F_{s1}$ – střižná síla vyvozená střižníkem o průměru 10,1 mm	[N]
$S_s$ – plocha střižníku	[mm <sup>2</sup> ]
$d_1$ – průměr osazení střižníku	[mm]
$s$ – tloušťka plechu	[mm]
$n$ – zvyšující koeficient zahrnující míru otupení	[-]
$R_m$ – mez pevnosti v tahu	[MPa]
$\tau_s$ – pevnost ve stříhu	[MPa]

$\sigma > 180MPa \rightarrow$  je nutné použít kalenou opěrnou desku

### 5.2.9 Kontrola pevnosti střížníku

Kontrola pevnosti střížníku o průměru 10,1 mm. Nástrojové oceli, které budou použity, přenášejí tlaky 1800 až 2400 MPa. S ohledem na bezpečnost je zvoleno max. dovolené namáhání  $\sigma_{dov} = 1800 \text{ MPa}$ .

$$\sigma = \frac{F_{sl}}{S_s} = \frac{n \cdot \pi \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{1 \cdot \pi \cdot 10,1 \cdot 3 \cdot 280}{\frac{\pi \cdot 10,1^2}{4}} = \underline{\underline{332,7 \text{ MPa}}} \quad (5.14)$$

kde:

d – průměr střížníku	[mm]
s – tloušťka plechu	[mm]
$\tau_s$ – pevnost ve stříhu	[MPa]
n – koeficient zahrnující míru otupení [-]	
$R_m$ – mez pevnosti v tahu	[MPa]

$\sigma < \sigma_{dov} \rightarrow$  střížník z hlediska pevnostního namáhání vyhovuje

### 5.2.10 Kontrola střížníku na vzpěr

Kontrola střížníku o průměru 10,1 mm. Střížník je považován za vetknutý na obou koncích, protože je veden ve vodící desce a vyhazovači. Výpočet kritické délky dle uvedeného vztahu:

$$l_{krit} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{n \cdot d \cdot s \cdot \tau_s}} = \sqrt{\frac{4 \cdot \pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 0,05 \cdot 10,1^4}{1,6 \cdot 10,1 \cdot 3 \cdot 280}} = \underline{\underline{563,7 \text{ mm}}} \quad (5.15)$$

kde:

E – modul pružnosti v tahu ( $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ MPa}$ )	[MPa]
I – moment setrvačnosti průřezu ( kruhový – $I = 0,05 \cdot d^4$ )	[mm <sup>4</sup> ]
n – koeficient bezpečnosti (1,5 – 2)	
d- průměr střížníku	[mm]
s – tloušťka plechu	[mm]
$\tau_s$ – pevnost ve stříhu	[MPa]
$R_m$ – mez pevnosti v tahu	[MPa]

Skutečná délka střížníku 88 mm.

$l_{skut} < l_{krit} \rightarrow$  střížník vyhovuje

POZN. Střížník má nejmenší plochu průřezu → nejvíce namáhaný. Z toho důvodu byly provedeny kontrolní výpočty právě pro střížník.

### 5.2.11 Kontrola upínacích šroubů na tah

K šetření plechu u střížníku je třeba stírací síly  $F_u$ . střížník je uchycen šrouby, na které tato síla vyvozuje tah na šrouby. Je proto nezbytné šrouby zkontrolovat z hlediska tahového namáhání.

Střížník byl uchycen pomocí šroubů M12, které mají vysokou pevnost v tahu. Vysoko pevnostním šroubům M12 odpovídá maximální zatížení  $F_{\max} = 40000 \text{ N}$ , které bylo zjištěno z pevnostní tabulky.

$$\begin{aligned} F_u &= k_{eu} \cdot F_s \\ F_u &= 0,12 \cdot 220172 \\ F_u &= \underline{\underline{26421 \text{ N}}} \end{aligned} \quad (5.16)$$

kde:

$F_s$ – střížná síla	[N]
$F_{\max}$ – maximální zatížení	[N]
$k_{eu}$ – koeficient závislý na druhu materiálu	[-]
$F_u$ – stírací síla	[N]

$F_u < F_{\max} \rightarrow$  z hlediska tahového namáhání je možné použít pouze jeden šroub. Z konstrukčních důvodů jsou zvoleny na každý tvarový střížník 2 šrouby.

### 5.2.12 Potřebný počet tlačných a vyhazovacích kolíků

- a) Stanovení počtu tlačných kolíků potřebných k rovnoměrnému zatlačení tlačné hrany do materiálu.

$$S_a = \frac{F_p}{p} = \frac{106872}{40} = \underline{\underline{2671,8 \text{ mm}^2}} \quad (5.17)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 22^2}{4} = \underline{\underline{380 \text{ mm}^2}} \quad (5.18)$$

$$B_k = \frac{S_a}{S_p} = \frac{2671,8}{380} = 7,03 \Rightarrow \underline{\underline{8ks}} \quad (5.19)$$

kde:

$S_a$  – plocha, na kterou působí přítlačná síla při daném tlaku [ $\text{mm}^2$ ]

$S_p$  – plocha průřezu tlačného kolíku [ $\text{mm}^2$ ]

$B_k$  – potřebný počet kolíků [ks]

$F_p$  – přítlačná síla [N]

$p$  – měrný tlak [MPa]

$d_k$  – průměr kolíku [mm]

b) Potřebný počet vyhazovacích kolíků na jeden vyhazovač

$$S_b = \frac{F_v}{3 \cdot p} = \frac{38709}{3 \cdot 40} = \underline{\underline{322,6 \text{ mm}^2}} \quad (5.20)$$

$$S_p = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 11^2}{4} = \underline{\underline{95 \text{ mm}^2}} \quad (5.21)$$

$$B_k = \frac{S_b}{S_p} = \frac{322,6}{95} = 3,4 \Rightarrow \underline{\underline{4 \text{ kolíky}}} \quad (5.22)$$

kde:

$S_a$  – plocha, na kterou působí vyhazovací síla vyhazovače při daném tlaku [ $\text{mm}^2$ ]

$S_p$  – plocha průřezu vyhazovacího kolíku [ $\text{mm}^2$ ]

$B_k$  – potřebný počet kolíků [ks]

$F_v$  – vyhazovací síla [N]

$p$  – měrný tlak [MPa]

$d_k$  – průměr kolíku [mm]

### 5.3 NÁVRH LISU

Zvolený lis GKP-F 100/160, pro který je nástroj nakreslen, vyrábí firma Feintool AG Lyss. Což je trojčinný lis s mechanicko-hydraulickým pohonem. Lis je vybaven oboustranným podavačem a vstupní skříni válečkového podávání. Za touto skříní je umístěna skříň pro oboustranné mazání pruhů a pásů olejem. Plynulá regulace počtu zdvihů. Pásový dopravník odvádí součástky i odpad z pracovního prostoru lisu pomocí stlačeného vzduchu. Pásový dopravník vystřižené součástky i odpad odvede do rotačního bubnu vybaveného plechem, ve kterém jsou menší otvory než rozměr součástky a tak oddělí odpad. Horní stůl lisu je upnut pevně s možností výškově nastavitelný v určitém rozmezí. Dolní stůl koná pracovní pohyb zezdola nahoru.



## Technické parametry zvoleného lisu GKP-F 100/160:

Celková síla	1600kN
Střížná síla	1000kN
Přidržovací síla	500kN
Vyhazovací síla	250kN
Zdvih beranu	50 mm
Počet zdvihu	18 až 72 min <sup>-1</sup>
Délka posuvu	max. 160 mm
Stříhaná tloušťka	max. 8 mm
Šířka materiálu	max. 210 mm
Horní upínací deska	500 x 470 mm
Dolní upínací deska	470 x 470 mm
Příkon	14,5 kW
Spotřeba vzduchu	80 m <sup>3</sup> / hod
Hmotnost	6000 kg

## 6 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

### 6.1 TECHNICKÉ ZHODNOCENÍ

Zvolený trojčinný lis GKP – F 100/160 je schopen stříhat maximální tloušťku plechu 8 mm. Pro zadanou součást, která má tloušťku 3 mm, je tedy zcela vyhovující. Na výrobu zadané součásti bude použit polotovár ve svitku o šířce 65 mm, délce 310 m a tloušťce 3 mm. Nástroj vyhovuje všem požadavkům na výrobu součásti a bude stříhat vždy dva výstřižky na jeden zdvih.

Na pracovišti kde bude součást stříhaná je umístěn lis, odvíječka a rovnací zařízení. Lis je vybaven podáváním svitku a dělením odpadu. Vystřižené součásti jsou i s odpadem odfukovány na pásový dopravník, kterým jsou dopraveny do separačního zařízení. Zde dojde k oddělení odpadu od součásti. Hotové součásti jsou po oddělení dopraveny až na konec zařízení a mohou být uloženy přímo na palety.

### 6.2 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V kapitole je provedeno ekonomické zhodnocení výroby součásti technologií přesného stříhání. Při výpočtu je zahrnuta cena nástroje a cena spotřebovaného materiálu. Lis, který bude k výrobě součásti použit, je ve vybavení podniku.

Kalkulace nákladů je přehled jednotlivých složek nákladů. Má informační charakter a je těsně spojena s plánováním a nákladovým účetnictvím. Pomocí kalkulace lze zjistit potřebné náklady na výkon podniku vztažené na kalkulační jednici. Výsledkem je propočet celkových nákladů na jednici. Kalkulační jednice charakterizuje výkon (kvantitativní, kvalitativní), je možné ji vyjádřit množstvím nebo např. časem. Hlavními předměty kalkulace jsou výkony vytvořené z vlastní činnosti (výrobky, poskytované služby) a výkony nakupované od jiných organizací.

Všeobecný kalkulační vzorec je tvořen kalkulačními položkami, které jsou vyčíslením jednotlivých složek nákladů. Doporučené kalkulační položky mohou být tyto:

1. Přímý materiál (suroviny)
2. Přímé mzdy (mzdy výrobních dělníků)
3. Ostatní přímé náklady (spotřeba energie, atd.)
4. Výrobní (provozní) režie (náklady související s provozem, opravy a udržování)

#### **Vlastní náklady výroby**

5. Správní režie (náklady související správou a řízením podniku)
6. Zásobovací režie

#### **Vlastní náklady výkonu**

7. Odbytová režie (prodej, expedice, skladování)

#### **Úplné vlastní náklady výkonu**

8. Zisk (ztráta)

#### **Cena výkonu**

Používá se několik kalkulačních metod, ke kterým patří kalkulace dělením, přírážková, ve sdružené výrobě, rozdílová a prostá kalkulace dělením.

Bod zvratu je okamžik kdy se celkové náklady a výnosy rovnají. Analýza bodu zvratu je pro podnik důležitá z hlediska vedení podniku. Umožňuje mu se do budoucna lépe rozhodovat v oblasti objemu výroby. Lze jednoduchým způsobem vypočítat, jaký vliv mají změny prodáváného množství, ceny a také fixní a variabilní náklady na výši dosahovaného zisku. Bod zvratu je možno odvodit ze vztahu, který vychází z rovnosti celkových nákladů a celkových tržeb.

$$\text{Celkové náklady: } CN = FN + VN \cdot Q \quad (6.1)$$

$$\text{Celkové tržby: } CT = P_c \cdot Q \quad (6.2)$$

$$\text{Rovnováha: } CN = CT \quad (6.3)$$

$$\text{Po dosazení: } FN + VN \cdot Q = P_c \cdot Q \quad (6.4)$$

kde:

FN – fixní náklady [Kč]  
CN – celkové náklady [Kč]  
CT – celkové tržby [Kč]  
VN – variabilní náklady [Kč/ks]  
Q – objem výroby [ks]

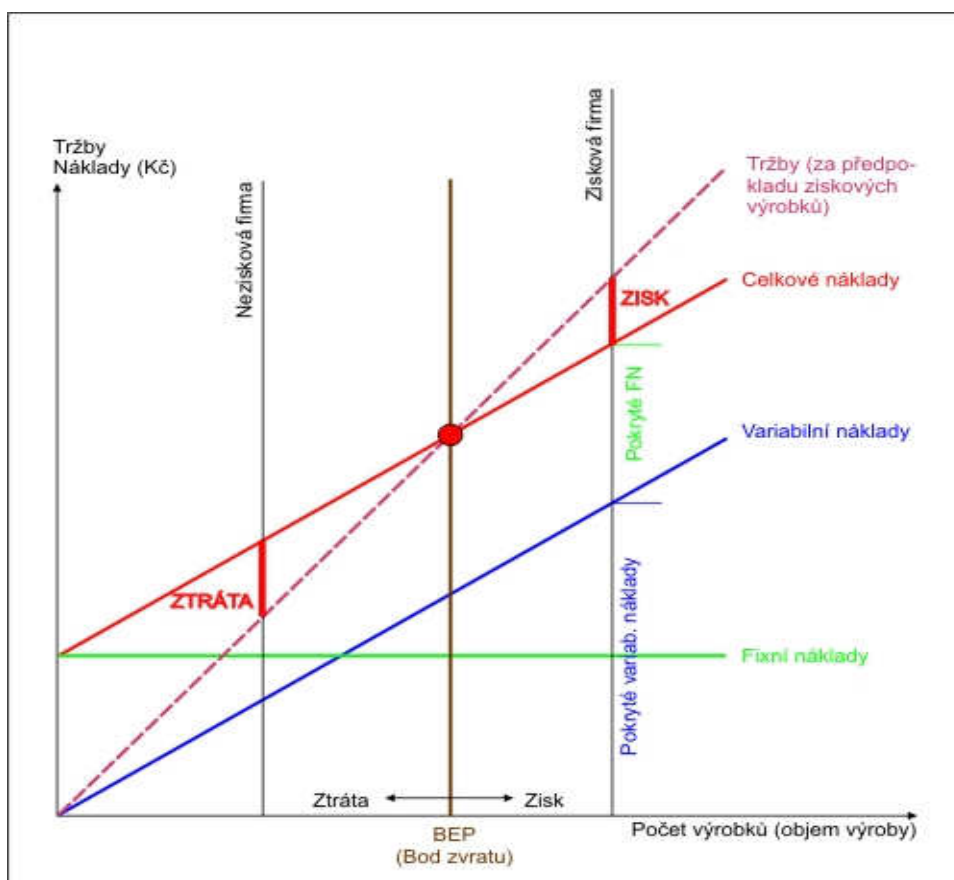
Dle těchto vzorců je možno určit množství výrobku, u něhož bude dosaženo bodu zvratu.

$$Q(BZ) = \frac{FN}{P_c - VN} \quad (6.5)$$

kde:

Q(BZ) – množství (bod zvrát) [ks]  
FN – fixní náklady [Kč]  
P<sub>c</sub> – cena výrobku [Kč]  
VN – variabilní náklady [Kč/ks]

Na obr. 36 je zakreslen bod zvratu v závislosti na nákladech, tržbách a objemu výroby. Bod zvratu rozhoduje o tom, zda je firma zisková nebo ve ztrátě. Z obr. 36 dále vyplývá, že pokud firma překročí kritické množství výroby, což nastane v případě, že celkové tržby se rovnají celkovým nákladům, stává se firma ziskovou.



Obr. 36 Grafické znázornění bodu zvratu při lineárním průběhu nákladů [15]

### 6.2.1 Výpočet ekonomického zhodnocení navržené technologie

Do nákladů nebude započítáno strojní zařízení, které je ve vybavení podniku. Náklady budou tedy tvořeny pouze cenou nástroje a cenou spotřebovaného množství. K výpočtu budeme potřebovat vstupní hodnoty, ke kterým patří: životnost nástroje, vyráběné množství, dílenské režie, tarifní třídy, atd. Tyto hodnoty potřebné k výpočtu byly zjištěny na základě průzkumu trhu.

Životnost nástroje:  $T_s = 4$  roky

Vyráběné množství:  $Q = 800000 \text{ ks / rok}$

Dílenské režie:

- Jednicové mzdy:  $JM = 100\%$
- Výrobní režie:  $VR = 425\%$
- Správní režie:  $SR = 115\%$
- Ostatní přímé náklady:  $OPN = 6720 \text{ Kč}$

Tarifní třída:  $TKK7 = 160 \text{ Kč / hod}$

NÁKLADY NA MATERIÁL:

Dáno: Materiál 11320.3

Cena za 1 kg materiálu = 94 Kč

Cena za 1 kg odpadu = 5 Kč

- Hmotnost plechu spotřebovaného za rok (kap. 5.2.2):

$$m_c = 40335,05 \text{ kg}$$

- Cena plechu spotřebovaného za rok:

$$C_p = m_c \cdot C_{p1kg} = 40335,05 \cdot 94 = \underline{\underline{3791494,7 \text{ Kč}}} \quad (6.6)$$

kde:

$C_{p1kg}$  – cena materiálu za 1 kg [Kč]

- Hmotnost odpadu za rok (kap. 5.2.2):

$$m_{po} = 22103,21 \text{ kg}$$

- Cena odpadu za rok:

$$C_{od} = m_{po} \cdot C_{od1kg} = 22103,21 \cdot 5 = \underline{\underline{110516,05 \text{ Kč}}} \quad (6.7)$$

kde:

$C_{od1kg}$  – cena odpadu za 1 kg [Kč]

- Náklady na materiál za 1 rok:

$$N_m = C_p - C_{od} = 3791494,7 - 110516,05 = \underline{\underline{3680978,65 \text{ Kč}}} \quad (6.8)$$

NÁKLADY NA NÁSTROJ:

Čas pro výrobu:  $VČ = 210 \text{ Nh}$  v TKK 7

$$\text{Jednicové mzdy: } JM = VČ \cdot TKK7 = 210 \cdot 160 = \underline{\underline{33600 \text{ Kč}}} \quad (6.9)$$

Cena materiálu na nástroj:  $C_{MN} = \underline{\underline{80259,3 \text{ Kč}}}$

Tab. 4 Stanovení ceny materiálu na nástroj

Materiál	Hmotnost [kg]	Cena [Kč/kg]	Částka [Kč]
Třída 11.	2,4	23	55,2
Třída 12.	1,337	24	32,1
Třída 19.	17,6	90	1584
W.Nr.	666	118	78588
Celkem			80259,3

KALKULACE NÁKLADŮ NA NÁSTROJ:

1. Cena materiálu na nástroj  $C_{MN} = 80259,3 \text{ Kč}$
2. Jednicové mzdy  $JM = 33600 \text{ Kč}$
3. Ostatní přímé náklady  $OPN = 6720 \text{ Kč}$
- 4.,5. Režie –  $VR + SR = 425\% + 115\% \Rightarrow 540\%$  z  $JM = \underline{\underline{181440 \text{ Kč}}}$
6.  $\Sigma 1.-5. \Rightarrow \underline{\underline{ÚVN = 302019,3 \text{ Kč}}}$
7. Zisk  $8\%$  z  $ÚVN = 8\% \text{ z } 302019,3 \Rightarrow \underline{\underline{Z = 24161,5 \text{ Kč}}}$
8.  $\Sigma 6.-7.$  Cena nástroje -  $N = \underline{\underline{326180,8 \text{ Kč}}}$

Náklady na přímé mzdy:

Hodnota  $M_A$  byla stanovena na základě výrobních časů jednotlivých operací (příl. 2) a příslušných tarifních tříd.

$$M_A = 0,014 \text{ Kč}$$

Celkové roční náklady na mzdy a režii:

$$N_{mr} = M_A \cdot Q \cdot (VR + SR) \quad (6.10)$$

$$N_{mr} = 0,014 \cdot 800000 \cdot (4,25 + 1,15)$$

$$N_{mr} = \underline{\underline{60480 \text{ Kč}}}$$

Náklady na výrobu jednoho kusu po dobu životnosti nástroje:

$$N_{KSmat} = \frac{N_m}{Q} = \frac{3680978,65}{800000} = \underline{\underline{4,6 \text{ Kč}}} \quad (6.11)$$

kde:

$N_{KSmat}$  – materiálové náklady na jeden kus [Kč/ks]

$$N_{KS} = \frac{T_s \cdot N_{mr} + N}{Q \cdot T_s} + N_{KSmat} \quad (6.12)$$

$$N_{KS} = \frac{4 \cdot 60480 + 326480,8}{800000 \cdot 4} + 4,6 = \underline{\underline{4,78 \text{ Kč}}}$$

kde:

$T_s$  – životnost nástroje [rok]

$N_{mr}$  – celkové roční náklady na mzdy a režii [Kč]

$N$  – cena nástroje [Kč]

$Q$  – množství vyrobených kusů za rok [ks]

$N_{KS}$  – náklady na výrobu jednoho kusu [Kč]

#### Celková cena výrobku:

Podnik si stanovuje zisk z prodeje jednoho výrobku na 30% jeho ceny. Jeho celková cena se vypočte za vztahu:

$$N_c = N_{KS} \cdot 1,3 = 4,78 \cdot 1,3 = \underline{\underline{6,2Kč}} \quad (6.13)$$

#### STANOVENÍ BODU ZVARTU:

Bod zvratu stanovíme podle kap 6.2. Ke stanovení bodu zvratu potřebuje znát fixní náklady, variabilní náklady a cenu výrobku. Fixní (stálé) náklady jsou nezávislé na objemu výroby (např. časové mzdy zaměstnanců,...). Variabilní (proměnlivé) náklady ty závisí na objemu produkce (např. spotřeba základního materiálu, přímé mzdy,...).

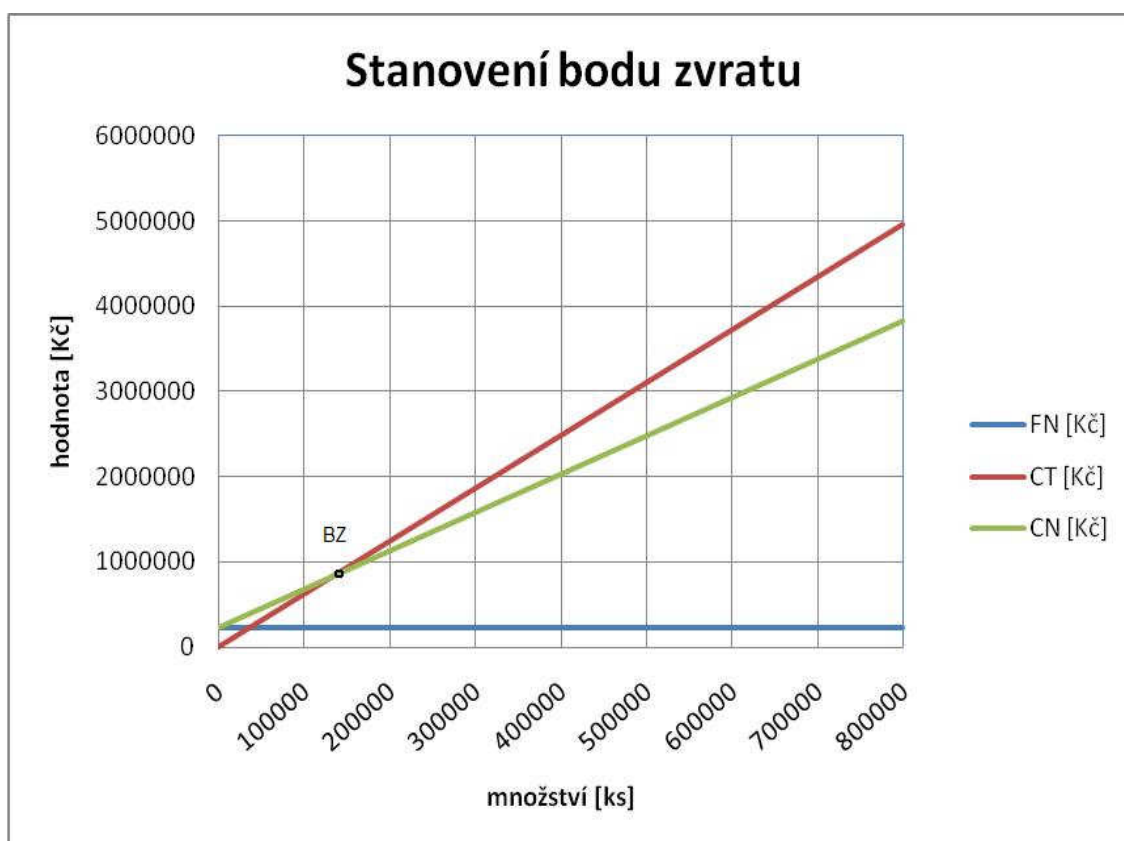
#### Potřebné údaje:

- fixní náklady:  $FN = 221760Kč$
- prodejní cena:  $P_c = 6,2Kč$
- variabilní náklady:  $VN = 4,6Kč$

#### Rovnice pro bod zvratu:

$$Q(BZ) = \frac{FN}{P_c - VN} = \frac{221760}{6,2 - 4,6} = \underline{\underline{138600ks}}$$

Bod zvratu (kritické množství výroby) je místo u něhož nevzniká ani zisk ani ztráta. V našem případě tato situace nastane při výrobě  $Q(BZ) = 138600$  ks vyráběných součástí. Pokud bude výrobní množství větší než kritické, podnik začne vykazovat zisk. Na grafu obr. 37 je znázorněný vypočtený počet kusů (bod zvratu). Vznikne v místě, kde se protnou celkové náklady a celkové tržby.



Obr. 37 Stanovení bodu zvratu

### 6.3 ZHODNOCENÍ

Na základě ekonomického rozboru byly zjištěny celkové roční náklady na materiál pro výrobu 800000 ks výrobku, které činí 3680978,65 Kč. Roční náklady na materiál jsou vysoké z důvodu většího můstku a postranního odpadu vlivem použití tlačné hrany.

Výrobní náklady na nástroj činí 326180,8 Kč. Kritické množství vyrobených kusů  $Q(BZ) = 138600$  ks je bod, kde se celkové náklady rovnají celkovým tržbám. Z grafu na obr. 37 je vidět, že při výrobě vyššího počtu kusů než je kritické množství vyrobených kusů, tržby za prodané množství výrobků rostou a překročí celkové náklady.

Zvolená technologie přesného stříhání má nízké náklady na mzdy a režii. Tato technologie totiž umožňuje snížení počtu výrobních operací, tím i počet strojů, nástrojů, pracovníků, výrobních časů, energie, atd.

Z uvedených výpočtů lze tedy bezpečně říct, že zvolená technologie přesného stříhání je ekonomicky efektivní.



## 7 ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na výrobu součásti „polohovací mechanismus do sedadel osobních automobilů“ pomocí technologie přesného stříhání. Součást je zhotovena z materiálu 11 320.3 a její tloušťka je 3 mm. Jednalo se o návržení nejvhodnější technologie k výrobě zadané součásti v množství 800000 ks.

Počátek práce je zaměřen na teoretický rozbor technologií běžného stříhání, přesného stříhání a přesného stříhání s tlačnou hranou. Práce se zabývá popisem a vyhodnocením dalších možných technologií, kterými lze zadanou součást vyrábět. Jejich zhodnocení prokázalo, že z hlediska rentability, produktivity práce a počtu vyráběných kusů je nejvýhodnější technologií výroby součásti přesné stříhání s tlačnou hranou.

Na tuto nejpříhodnější technologii byly v další části práce provedeny konstrukční a kontrolní výpočty. Díky těmto výpočtům bylo zjištěno, že technologie přesného stříhání s tlačnou hranou je pro výrobu součásti zcela vyhovující. Pro výrobu byl navržen lis GKP – F 100/160 od firmy Feintool, který je k výrobě zadané součásti vyhovující.

V poslední části diplomové práce byla navržená technologie přesného stříhání s tlačnou hranou ekonomicky zhodnocena. Byly určeny celkové náklady materiálu na 1 rok, které činí 3680978,65 Kč. Pomocí kalkulačního vzorce byla spočítána celková cena nástroje  $N = 326180,8$  Kč. Dále byly určeny náklady na přímé mzdy a celkové náklady na mzdy a režii, které se pohybují v částce 60480 Kč. Materiálové náklady na jeden kus výrobku jsou 4,6 Kč. Prodejní cena je tvořena 30% ziskem, který si firma stanovuje. Výrobek tedy bude nastaven na cenu 6,2 Kč. Pomocí analýzy bodu zvratu bylo zjištěno, že pokud firma překročí kritické množství vyrobených kusů ( $Q(BZ)=138600$  ks), začnou být tržby z prodeje vyšší než celkové náklady a tak se stává firma ziskovou. Ekonomické zhodnocení ukázalo, že technologie je pro zadaný počet kusů vyrobených za rok více než dostačující.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

- [1] BIRZER, Franz. *Forming and fineblanking: cost-effective manufacture of accurate sheetmetal parts*. 1. vyd. Landsberg/Lech: Verl. Moderne Industrie, 1997. 70 s. ISBN 3-478-93161-4
- [2] BOBČÍK, Ladislav. *Střížné nástroje pro malosériovou výrobu*. 1. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1983. 213 s.
- [3] DVOŘÁK, Milan, GAJDOŠ, František, NOVOTNÝ, Karel: *Technologie tváření – plošné a objemové tváření*; 2. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM s.r.o., 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7
- [4] *FEINTOOL Technology Group [online]. [1997] [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <www.feintool.com>*
- [5] FOREJT, Milan.: *Teorie tváření a nástroje*; 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT, 1991. 179 s. ISBN 80-214-0294-6
- [6] GAJDOŠ, František. *Technologie tváření kovů*. [online]. Studijní opory. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Dostupné na World Wide Web: [http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory\\_soubory/technologie\\_vyroby\\_I\\_tvareni\\_gajdos.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory_soubory/technologie_vyroby_I_tvareni_gajdos.pdf)
- [7] GUIDI, Alfons. *Přistřihování a přesné stříhání*. 1. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1969. 138 s. DT 621.961
- [8] LEINVEBER, Jan, ŘASA, Jaroslav, VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. 3. vyd. Praha: Scientia, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6
- [9] LENFELD, Petr. *Technologie II*. [online]. Internetová podpora výuky technologie tváření kovů a plastů. Technická univerzita v Liberci. Katedra strojírenské technologie, oddělení tváření kovů a plastů. Dostupné na World Wide Web: [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/06.htm#061](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#061)
- [10] NOVOTNÝ, Josef, LANGER, Zdeněk. *Stříhání a další způsoby dělení kovových materiálů*. 1. vyd. Praha: SNTL Nakladatelství technické literatury, 1980. 216 s. DT 621.96
- [11] NOVOTNÝ, Karel. *Tvářecí nástroje*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT, 1992. 186 s. ISBN 80-214-0401-9

- [12] VYSKOČIL, Oldřich, BARTOŠ, Pavel. *Směrnice pro konstrukci nástrojů pro přesné stříhání*. 1. vyd. Brno: Zbrojovka Brno n. p., 1977. 88 s.
- [13] SYNEK, Miloslav. *Podniková ekonomika*. 4. vyd. Praha: C.H. Beck, 2006. 72-88 s. ISBN 8071798924
- [14] ŠPAČEK, Jindřich, ŽÁK, Ladislav. *Speciální technologie I a II – Návod do cvičení – část Plošné tváření*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT, 1991. 109 s. ISBN 80-214-1259-8
- [15] Bod zvratu [online]. 2002 , 25.9.2008 [cit. 2009-05-10]. Dostupný z WWW: <[http://cs.wikipedia.org/wiki/Bod\\_zvratu](http://cs.wikipedia.org/wiki/Bod_zvratu)>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

Zkratka/symbol	Popis jednotlivých veličin	jednotka
$a$	Vzdálenost tlačné hrany od obrysu součásti	[mm]
$A_c$	Celková práce	[J]
$A_p$	Práce přidržovače	[J]
$A_s$	Střižná práce	[J]
$A_v$	Práce vyhazovače	[J]
$b$	Vzdálenost dvou sousedních zubů na stř. průměru	[mm]
$b_{min}$	Minimální vzdálenost zářezu od okraje	[mm]
$b_1$	Šířka postranního odpadu	[mm]
$b_2$	Šířka můstku	[mm]
$B_k$	Potřebný počet kolíků	[ks]
$c$	Koeficient závislý na druhu střihání	[-]
$C_{MN}$	Cena materiálu na nástroj	[Kč]
$C_N$	Celkové náklady	[Kč]
$C_{od}$	Cena odpadu za rok	[Kč]
$C_p$	Cena plechu spotřebovaného za rok	[Kč]
$C_{od1kg}$	Cena za 1 kg odpadu	[Kč]
$C_{p1kg}$	Cena za 1 kg materiálu	[Kč]
$d_{min}$	Minimální průměr otvoru	[mm]
$d_1$	Průměr osazení střižníku	[mm]
$E$	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
$F_c$	Celková síla na výrobu dvou výstřížků	[N]
$F_c$	Celková síla na výrobu jedné součásti	[N]
$F_{max}$	Maximální zatížení	[N]
$F_p$	Síla na přítlačné desce	[N]
$F_s$	Střižná síla	[N]
$F_u$	Stírací síla	[N]
$F_v$	Síla na vyhazovači	[N]
$F_{s1}$	Střižná síla vyvozená jedním střižníkem	[N]
$FN$	Fixní náklady	[Kč]
$g$	Vzdálenost okraje od otvoru	[mm]
$g_{min}$	Min. vzdálenost od okraje otvoru	[mm]
$h$	Výška tlačné hrany	[mm]
$h_1$	Výška tlačné hrany	[mm]
$I$	Moment setrvačnosti průřezu	[mm <sup>4</sup> ]
$IT$	Stupeň přesnosti	[-]
$k$	Odpor materiálu proti vtlačení tlačné hrany	[MPa]
$k_{eu}$	Koeficient závislý na druhu materiálu	[-]
$K$	Velikost kroku	[mm]
$l_{krit}$	Kritická délka střižníku	[mm]
$l_{skut}$	Skutečná délka střižníku	[mm]
$L$	Celková délka stříhu	[mm]
$L_h$	Délka tlačné hrany	[mm]
$m_c$	Hmotnost plechu spotřebovaného za rok	[kg]
$m_{po}$	Hmotnost odpadu za rok	[kg]

$m$	Střížná mezera	[mm]
$M_A$	Náklady na přímé mzdy	[Kč]
$N$	Zvyšující koeficient	[-]
$n_o$	Zvyšující koeficient zahrnující míru otupení	[-]
$N$	Cena nástroje	[Kč]
$N_c$	Celková cena výrobku	[Kč]
$N_{KS}$	Náklady na výrobu jednoho kusu	[Kč]
$N_{KSmat}$	Materiálové náklady na jeden kus	[Kč]
$N_m$	Náklady na materiál za 1 rok	[Kč]
$N_{mr}$	Celkové roční náklady na mzdy a režie	[Kč]
OPN	Ostatní přímé náklady	[Kč]
$p$	Měrný tlak	[MPa]
$P_c$	Cena výrobku	[Kč]
$Q(BZ)$	Kritické množství výroby	[ks]
$Q$	Objem výroby	[ks]
$r_{min}$	Minimální poloměr	[mm]
$R$	Poloměr zaoblení	[mm]
$R_a$	Drsnost povrchu	[ $\mu m$ ]
$R_e$	Mez kluzu	[MPa]
$R_m$	Mez pevnosti	[MPa]
$s$	Tloušťka plechu	[mm]
$S$	Plocha přesně vystřižené součásti	[mm <sup>2</sup> ]
$S_a$	Plocha, na které působí přitlačná deska	[mm <sup>2</sup> ]
$S_b$	Plocha, na níž působí vyhazovací síla	[mm <sup>2</sup> ]
$S_p$	Plocha průřezu tlačného a vyhazovacího kolíku	[mm <sup>2</sup> ]
$S_1$	Plocha stříhu	[mm <sup>2</sup> ]
SR	Správné režie	[%]
$T_s$	Životnost nástroje	[rok]
ÚVN	Úplné vlastní náklady	[Kč]
$v$	Střížná vůle	[mm]
$V\check{C}$	Čas na výrobu nástroje	[Nh]
VN	Variabilní náklady	[Kč/ks]
VR	Výrobní režie	[%]
$Z$	Zisk (ztráta)	[Kč]
$\Delta\sigma_3$	Přídavné tlakové napětí	[MPa]
$\rho$	Měrná hmotnost oceli	[kg/dm <sup>3</sup> ]
$\sigma$	Napětí na dosedací ploše střížníku	[MPa]
$\sigma_n$	Normální napětí	[MPa]
$\sigma_1, \sigma_2$	Složky hlavních napětí	[MPa]
$\tau_{max}$	Max. smykové napětí	[MPa]

**SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA 1: Tabulka velikosti střížné vůle pro vybrané tloušťky materiálu; tabulka koeficientu  $k_{eu}$ ; tabulka tolerancí netolerovaných rozměrů

PŘÍLOHA 2: Technologický postup navržené technologie

PŘÍLOHA 3: Lis GKP – F 100/160

PŘÍLOHA 4: Schéma lisu firmy Feintool

PŘÍLOHA 5: Výkres zadané součásti

PŘÍLOHA 6: Výkresová dokumentace nástroje

## PŘÍLOHA 1

Tabulka velikostí střížné vůle pro vybrané tloušťky materiálu

Tloušťka materiálu [mm]	Střížná vůle [mm]	Tloušťka materiálu [mm]	Střížná vůle [mm]	Tloušťka materiálu [mm]	Střížná vůle [mm]
0,5	0,003	2,5	0,013	6,5	0,033
0,8	0,004	3,0	0,015	7	0,035
1,0	0,005	3,5	0,018	7,5	0,038
1,2	0,006	4,0	0,02	8,0	0,04
1,5	0,008	4,5	0,023	8,5	0,043
1,8	0,009	5,0	0,025	9,0	0,045
2,0	0,01	5,5	0,028	9,5	0,048
2,2	0,011	6,0	0,03	10,0	0,05

Tabulka koeficientu  $k_{eu}$ :

Materiál	Koeficient $k_{eu}$
Ocel	0,10 až 0,13
Mosaz	0,06 až 0,07
Slitiny Al	0,09

Tabulka tolerancí netolerovaných rozměrů:

TOLERANCE NETOLEROVANÝCH ROZMĚRŮ	
Počet desetinných míst	Tolerance
X	$\pm 0,2$
X,X	$\pm 0,1$
X,XX	$\pm 0,01$
X,XXX	$\pm 0,005$

## PŘÍLOHA 2

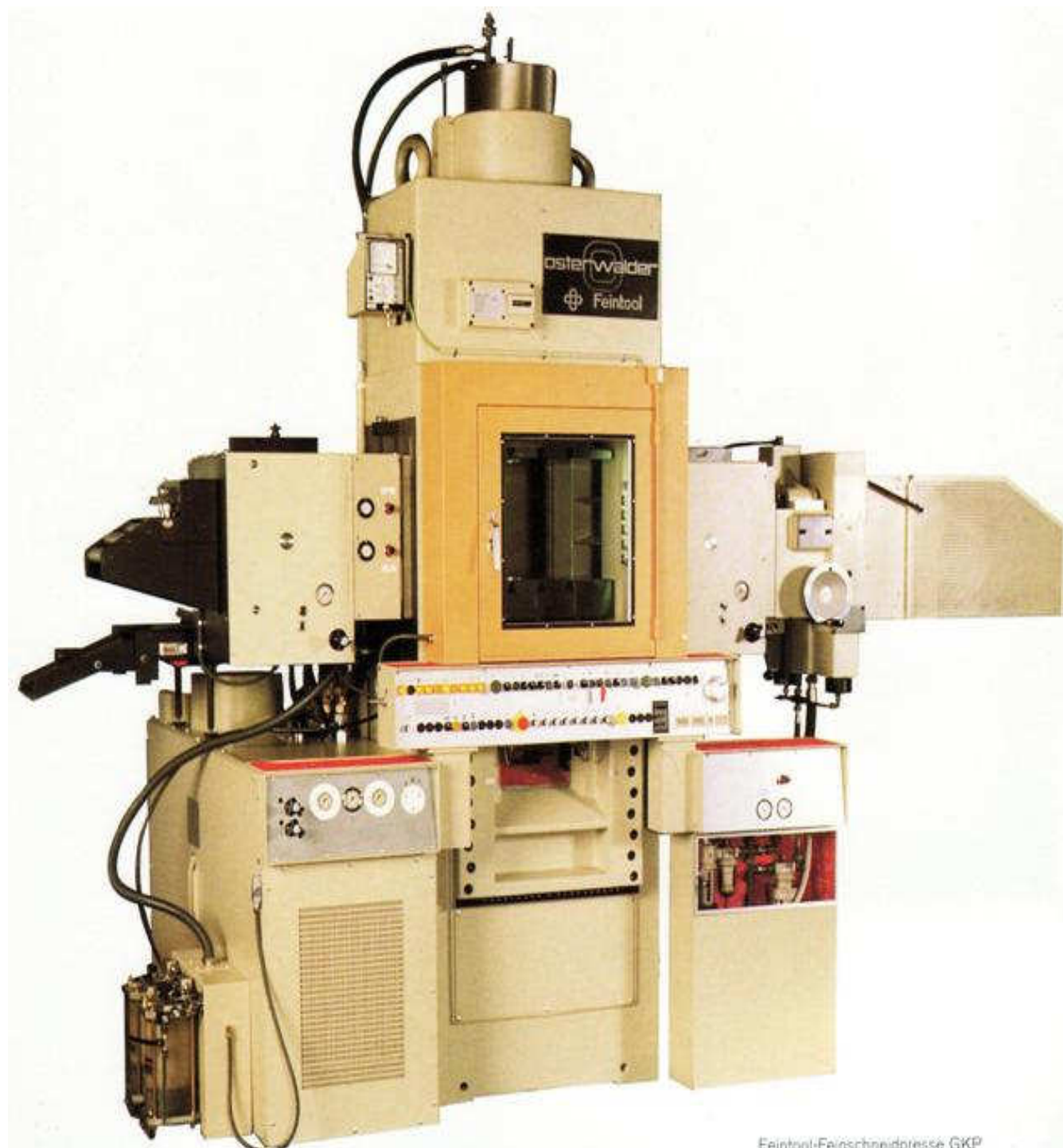
Technologický postup navržené technologie:

Zakázkové číslo					Název souč. - výkresu		Postup č.	Ks 1 pr.	Plán období	Výdejna č.	
							postupů	Tř.odp.	Datum zadání		
					Stř.odb.	Plánovaný materiál – číslo PCM			Plán množství		
					Řid.střed.						
Op.p.	Prov.stř.	p.s.	d.m.	t <sub>AC</sub>	Popis práce						
	Číslo práce		Tar.tř.	t <sub>BC</sub>							
1	281				Děrovat otvory $\varnothing 10,1$ ; $\varnothing 16,1$ a stříhat (trojčinný lis s hydraulickým pohonem)						
			505	0,018'							0,0099 Kč
2	482				Kontrola						
3	482				Konzervovat						
			305	0,009'							0,0041 Kč
											0,014 Kč
Součet Kč celkem				Datum podpis	Zpracoval		Vystavil		Kontroloval		



## PŘÍLOHA 3

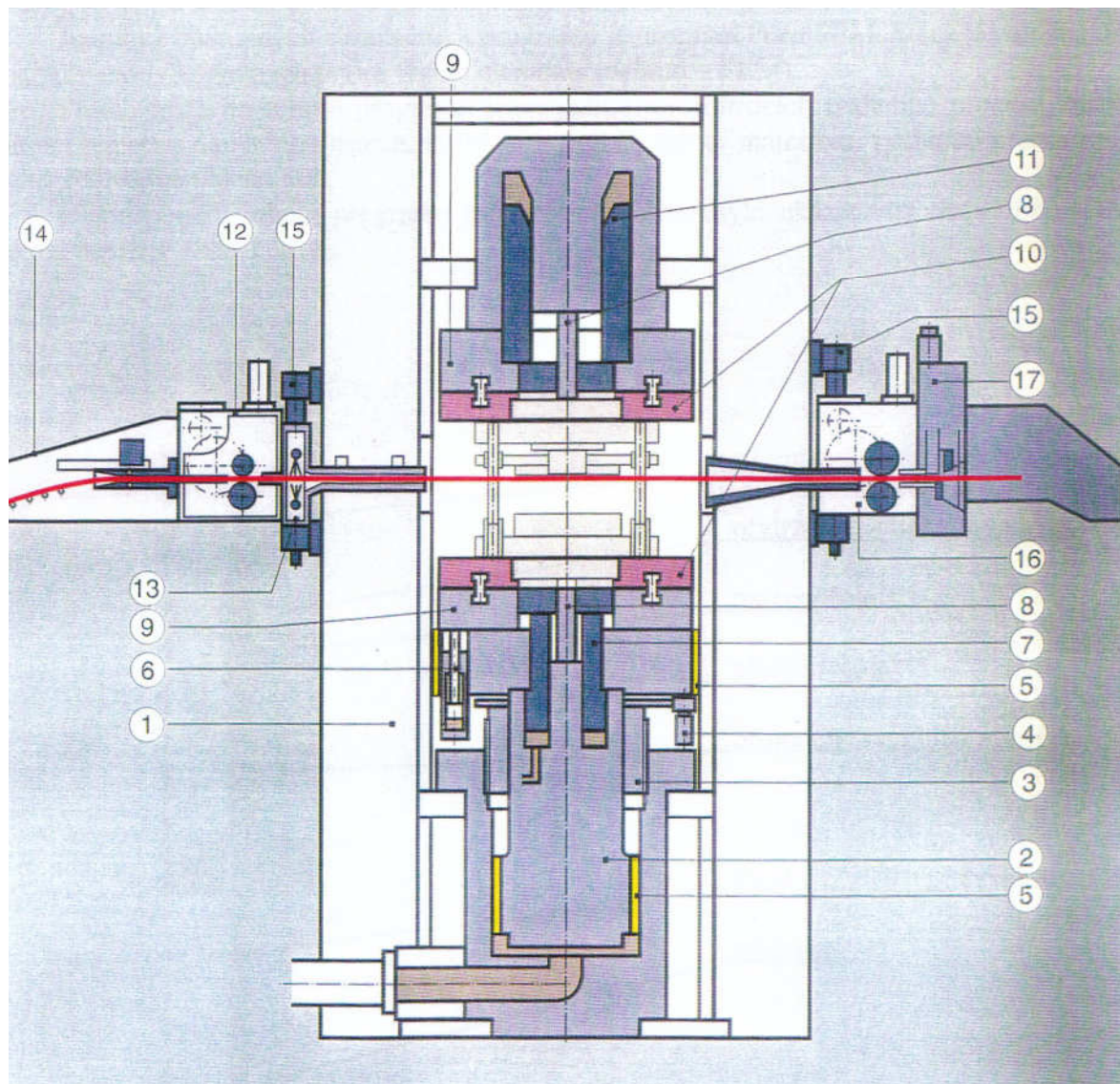
Lis GKP – F 100/160



Feintool-Feinschneidpresse GKP

## PŘÍLOHA 4


Schéma lisu firmy Feintool




1 čtyřsloupový stojan  
2 hlavní píst  
3 upínací zařízení  
4 motor  
5 vedení beranu  
6 píst pro rychlé přestavení  
7 píst přidržovače  
8 středové podepření  
9 upínací stůl výměnné desky

10 výměnná deska  
11 píst přítlačné desky  
12 podávací zařízení  
13 zařízení pro mazání plechu  
14 těleso podavače  
15 zařízení pro přestavení pásu  
16 zařízení pro výstup pásu  
17 dělič pásu


Pos.	Název	Norma. Vý kres	Mat.vých ozí	Čistý rozměr	Mat. koneč.	Hmot.	H m.	Pozn.
1	ZÁKLADOVÁ DESKA		1.1730	95x546x546		222	1	
2	UPÍNAČÍ DESKA		1.1730	95x546x546		222	1	
3	VODÍČÍ DESKA		1.1730	35x546x546		81,9	1	
4	DESKA STŘIŽNICE		1.2842	55x300x350	KALIT	45,3	1	59÷57HRC
5	PŘÍTLAČNÁ DESKA		1.2379	46x300x350	KALIT	37,9	1	59÷57HRC
6	OPĚRNÁ DESKA		1.2842	30x80x214	KALIT	8,26	1	59÷57HRC
7	DESKA		1.2842	Ø240x15	KALIT	6,25	1	59÷57HRC
8	KOTEVNÍ DESKA		1.2842	Ø240x18	KALIT	7,5	1	59÷57HRC
9	OPĚRNÁ VLOŽKA		1.2842	Ø240x63	KALIT	26,25	1	59÷57HRC
10	STRŽNÁ VLOŽKA		1.3343	50x66x90	KALIT	2,33	2	62÷60HRC
11								
12	STŘIŽNÍK TVAROVÝ		1.3343	48x58x76	KALIT	1,66	2	61÷59HRC
13	STŘIŽNÍK		1.3343	Ø20x88	KALIT	0,22	2	61÷59HRC
14	STŘIŽNÍK		1.3343	Ø14x88	KALIT	0,106	2	61÷59HRC
15	VYHAZOVAČ TVAR.		1.2379	35x35x58	KALIT	0,56	2	58÷56HRC
16	VYHAZOVAČ		1.2379	Ø18x84	KALIT	0,167	2	58÷56HRC
17	VYHAZOVAČ		1.2379	Ø12x84	KALIT	0,074	2	58÷56HRC
18	PODLOŽKA STR. VLOŽ.		19312.3	5x66x90	KALIT	0,233	2	58÷56HRC
19								
20	PODLOŽKA STŘIŽNÍKU		19312.3	4x48x58	KALIT	0,087	2	58÷56HRC
21	DESTIČKA VYHAZ.		19312.3	10x37x60	KALIT	0,174	2	58÷56HRC
22	VYHAZOVACÍ KOLÍK		19422.3	Ø11x106	KALIT	0,065	12	60÷58HRC
23	VYHAZOVACÍ KOLÍK		19422.3	Ø19x121	KALIT	0,27	3	60÷58HRC
24	VYHAZOVACÍ KOLÍK		19422.3	Ø13x121	KALIT	0,126	3	60÷58HRC
25	ODTLAČOVACÍ KOLÍK		19422.3	Ø22x160	KALIT	0,4	8	60÷58HRC
26	PŘÍRUBA		12050.3	Ø56x20		0,386	2	
27	STŘEDÍCÍ ČEP		19436.3	Ø25x62	KALIT	0,24	4	60÷58HRC
28	ZÁTKA		19422.3	Ø25x12	KALIT	0,046	8	60÷58HRC
29	VÝŠKOVÝ DORAZ		19422.3	Ø28x19	KALIT	0,092	2	60÷58HRC
30	DRŽÁK VEDENÍ		19312.3	32x53x160	KALIT	1,93	1	58÷56HRC
31	VEDENÍ PÁSU		19312.3	15x32x160	KALIT	0,6	1	58÷56HRC
32	DRŽÁK VEDENÍ		19312.3	32x48x160	KALIT	1,93	1	58÷56HRC
33	VEDENÍ PÁSU		19422.3	15x32x160	KALIT	0,6	1	58÷56HRC
34	VEDENÍ PÁSU		19422.3	Ø28x80	KALIT	0,386	4	58÷56HRC

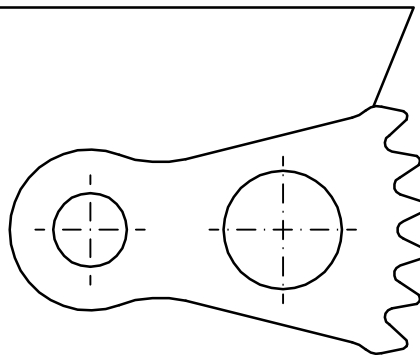
				Přesnost ISO 2768-mL	Materiál	T.O.
				Tolerování ISO 8015	Polotovar	
				Promítání 	Hrubá hmotnost	kg
<b>ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE</b> VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství						
Změna	Datum	Index	Podpis	<b>POLHOVACÍ MECHANIZMUS</b>  Číslo výkresu <b>1-DP-066-00</b>  Listů		
Navrhl GARGULÁKOVÁ	Poznámka	Měřítko	1:1			
Přezkoušel						
Technolog						
Normalizace	Starý výkres					
Schválil	Č.seznamu					
Datum 15.05.2009	Č.sestavy					


Pos.	Název	Norma.V ýkres	Mat.vých ozí	Čistý rozměr	Mat. koneč.	Hmot.	H m.	Pozn.
35	PRUŽINA		12180.0	Ø0,9X28	Kal.Pop.	0,0001	12	
36	TRUBKA	ČSN426711	11353.0	Ø12/2X87		0,023	8	UPRAVIT
37	TRUBKA		12 050.3	Ø16x81	ZUŠLECHT	0,128	4	950-900MPa
38	PODLOŽKA		12 050.3	Ø23X4	ZUŠLECHT	0,013	4	950-900MPa
39	ODLEPOVÁK		19421.3	Ø3h11x11	KALIT	0,0005	9	60÷58HRC
40	ODLEPOVÁK		19421.3	Ø4h11x15	KALIT	0,0015	6	60÷58HRC
41	TYČKA		19421.3	Ø3h11x8		0,0004	9	
42	TYČKA		19421.3	Ø4h11x54		0,0053	6	
43	VLOŽKA		19312.3	Ø20x55	KALIT	0,135	3	60÷58HRC
44	STŘEDÍCÍ KOLIK		19422.3	Ø24x115	KALIT	0,41	2	62÷60HRC
45	SPOJKA		11737.0	10x40x272		0,85	2	
46	ROZVADEČ VZDUCHU		11600	30x49x264		0,3	1	
47	TRUBKA	ČSN426711	11353.0	Ø12/2x43		0,0116	3	UPRAVIT
48	TRUBKA		MĚĎ	Ø8/1x64		0,008	6	
49	ŠROUBENÍ		11109.0	Ø14x19		0,029	6	
50	ZÁTKA		11109.0	Ø12x10		0,008	1	
51	NÁÚSTEK		BRONZ				2	Dodá zákaz.
52	DIST. KROUŽEK		19422.3	Ø21x12	KALIT	0,032	3	60÷58HRC
53	DIST. KROUŽEK		19422.3	Ø15x12	KALIT	0,016	3	60÷58HRC
54	VEDENÍ PÁSU		19422.3	Ø28x80	KALIT	0,04	4	58÷56HRC
55								
56	PRUŽINA z=10	415-060-6.122-10		(Ø2)	POPUSTIT		2	VOLNÁ L=51
57	PRUŽ.Ø0,5xØ3,1x12x9		12180.0	Ø0,5x100	KAL.POP.		9	
58	PRUŽ.Ø0,63xØ3,9x12x9		12180.0	Ø0,63x100	KAL.POP.		6	
59	PRUŽINA z=17	415-060-6.122-10		(Ø1,8)	POPUSTIT		8	VOLNÁ L=78
60	PRUŽINA z=17	415-060-6.122-10		(Ø4)	POPUSTIT		4	VOLNÁ L=93
61	PRUŽINA	241.16.32.051					4	FIBRO
62								
63	VOD.SLOUPEK	202.19.40.280					4	FIBRO
64	VOD.POUZDRO	2091.44.40					4	FIBRO
65	VOD.POUZDRO	2091.45.40					4	FIBRO
66	VALIVÉ VEDENÍ	206.73.40.095					4	FIBRO
67	VALIVE VEDENÍ	206.73.40.080					4	FIBRO

				Přesnost ISO 2768-mL	Materiál	T.O.
				Tolerování ISO 8015	Polotovar	
				Promítání 	Hrubá hmotnost	kg
				<b>ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE</b> VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství		
Změna	Datum	Index	Podpis			
Navrhl GARGULÁKOVÁ	Poznámka	Měřítko <b>1:1</b>	Název			
Přezkoušel			<b>POLHOVACÍ MECHANIZMUS</b>			
Technolog						
Normalizace	Starý výkres		Číslo výkresu			
Schválil	Č.seznamu		<b>1-DP-066-00</b>			
Datum 15.05.2009	Č.sestavy					
			Listů	List		

Pos.	Název	Norma. Výkres	Mat.vých ozí	Čistý rozměr	Mat. koneč.	Hm ot.	Hm.	Pozn.
68	PŘENÁŠECÍ ČEP	415-060-6.312-10					4	
69	PŘENÁŠECÍ ČEP	415-060-6.310-10					4	
70	ŠROUB M12x100	DIN 912			PEV.TR.12.9		6	
71	ŠROUB M10x100	DIN 912			PEV.TR.12.9		4	
72	ŠROUB M8x100	DIN 912			PEV.TR.12.9		20	
73	ŠROUB M4x14	ČSN 02 1131					3	
74	ŠROUB M3x14	ČSN 02 1131					6	
75	ŠROUB M16x100	ČSN 02 1143					4	
76	ŠROUB M12x100	ČSN 02 1143					3	
77	ŠROUB M12x40	ČSN 02 1143					6	
78	ŠROUB M12x30	ČSN 02 1143					4	
79	ŠROUB M8x90	ČSN 02 1143					4	
80	ŠROUB M8x80	ČSN 02 1143					3	
81	ŠROUB M8x70	ČSN 02 1143					4	
82	ŠROUB M6x35	ČSN 02 1143					24	
83	ŠROUB M6x30	ČSN 02 1143					2	
84	ŠROUB M5x6	ČSN 02 1181					6	
85	ŠROUB M4x6	ČSN 02 1181					6	
86								
87	ŠROUB M6x25	ČSN 02 1143					4	
88	PODLOŽKA 13	ČSN 02 1702					4	
89	PODLOŽKA 8,4	ČSN 02 1702					8	
90	KOLÍK 16x80	ČSN 02 2152					4	
91	KOLÍK 16x70	ČSN 02 2152					4	
92	KOLÍK 8x80	ČSN 02 2152					4	
93	KOLÍK 8x50	ČSN 02 2152					2	
94	KROUŽEK 13x19	ČSN 02 9310.3					2	
95	KROUŽEK 10x16	ČSN 02 9310.3					6	

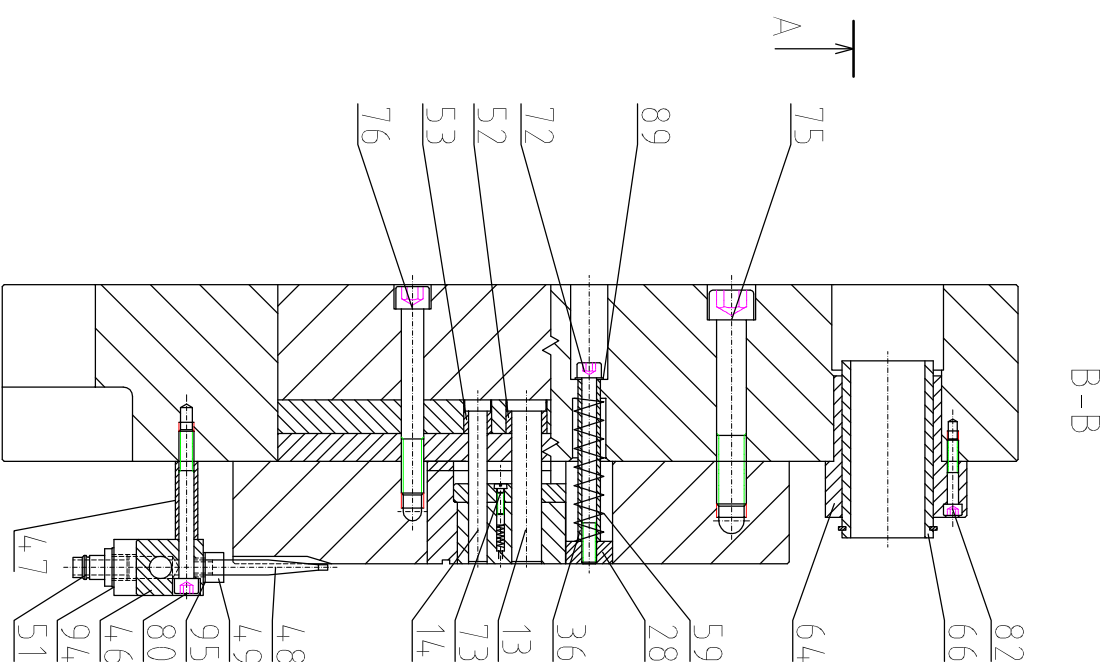
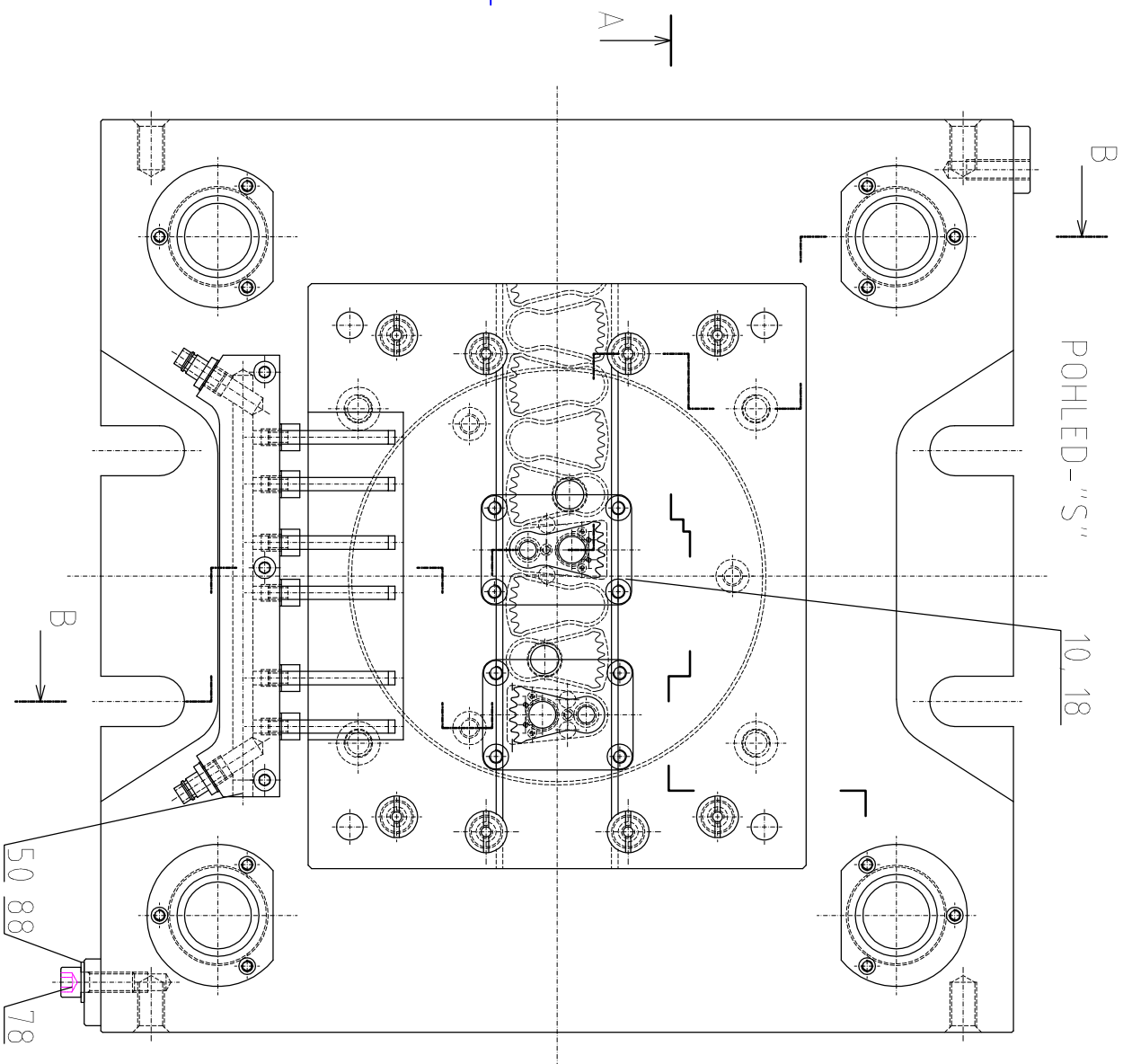
				Přesnost ISO 2768-mL	Materiál	T.O.
				Tolerování ISO 8015	Polotovár	
				Promítání 	Hrubá hmotnost	kg
				<b>ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE</b> VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství		
Změna	Datum	Index	Podpis			
Navrhl GARGULÁKOVÁ	Poznámka	Měřítko		<b>POLHOVACÍ MECHANIZMUS</b>		
Přezkoušel		1:1				
Technolog				<b>1-DP-066-00</b>		
Normalizace	Starý výkres		Číslo výkresu			
Schválil	Č.seznamu					
Datum 15.05.2009	Č.sestavy		Listů			
				List		



				Přesnost ISO 2768-mL	Materiál	T.O.
				Tolerování ISO 8015	Polotovár	
				Promítání 	Hrubá hmotnost	kg
				ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství		
Změna	Datum	Index	Podpis	Název  KULISA  Číslo výkresu  4-DP-066-01  Listů		
Navrhl GARGULÁKOVÁ	Poznámka	Měřítko  2:1				
Přezkoušel						
Technolog						
Normalizace	Starý výkres					
Schválil	Č.seznamu					
Datum 15.05.2009	Č.sestavy					

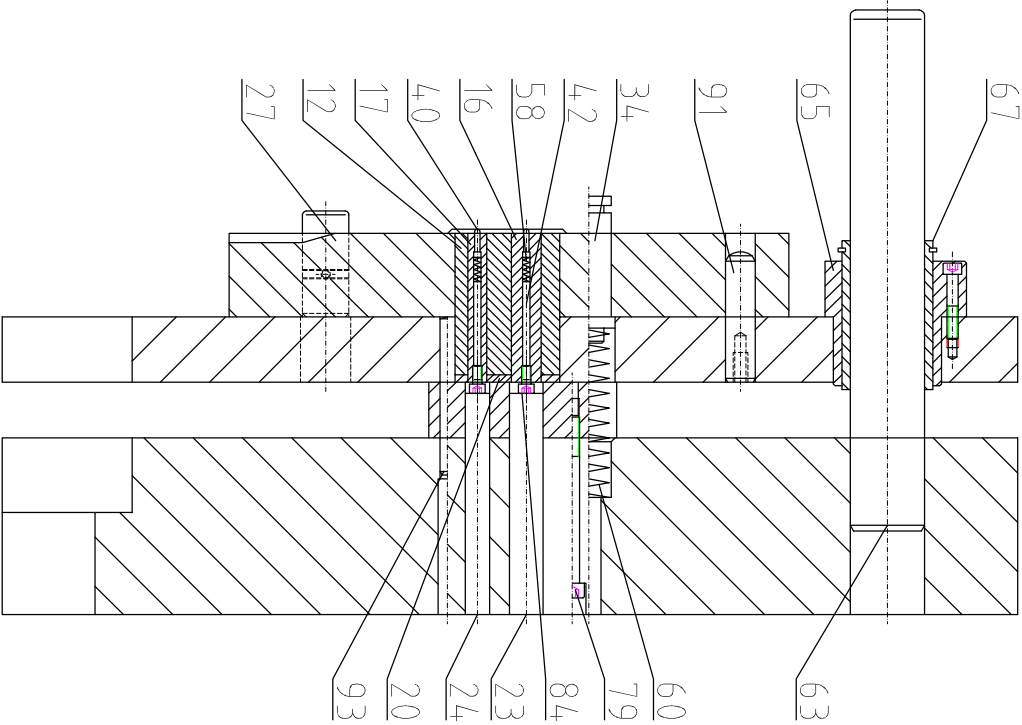
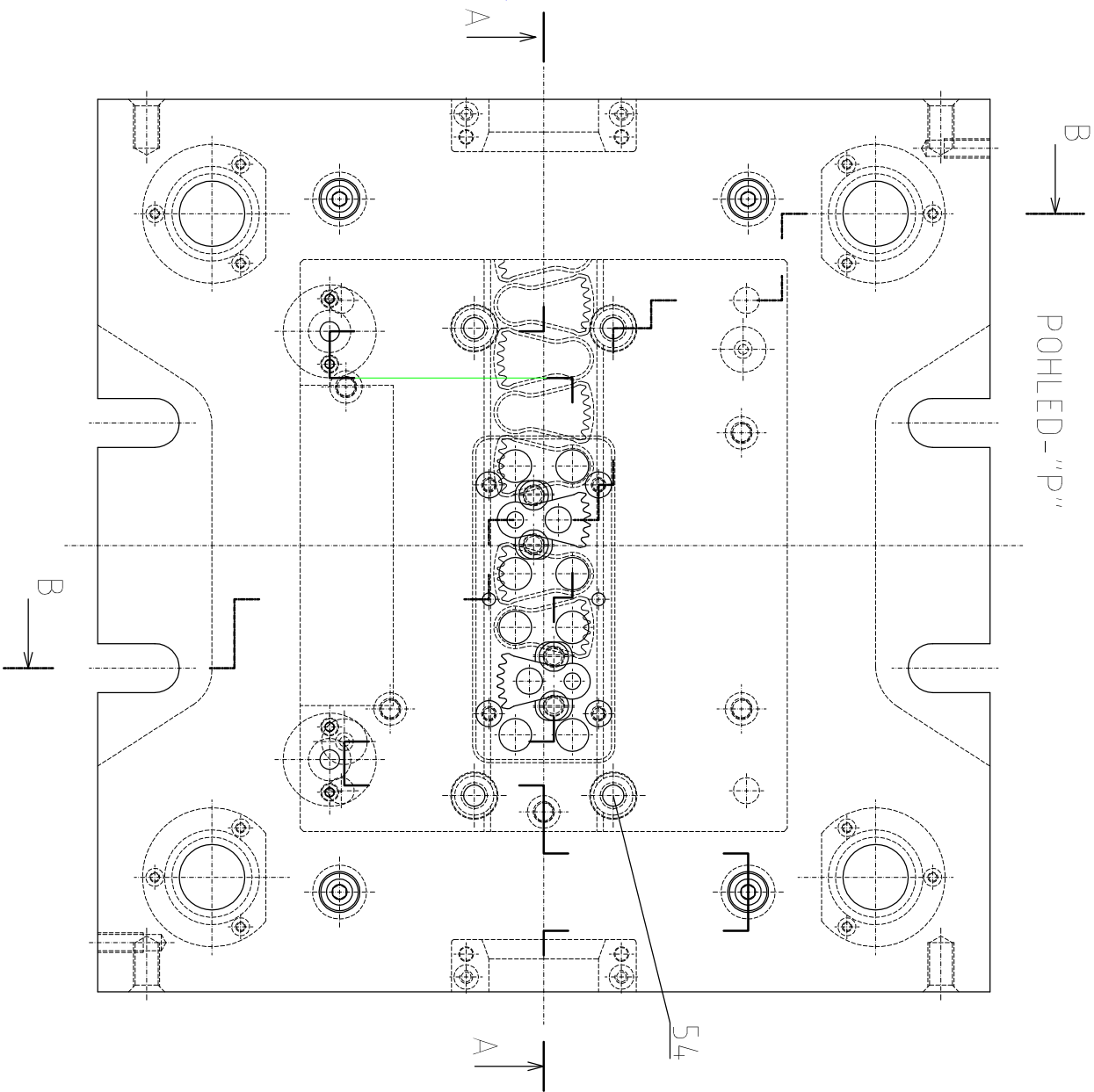


[illegible]



Přesnost ISO 2768-mL		Materiál		T.0.	
Tolerování ISO 8015		Přetovar			
Poměrání		Hrubá hmotnost		kg	
Změna		Index Podpis		Název	
Navrhl GAROULOVÁ		Datum		ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE	
Přezkoušel		Měřtko		VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství	
Technologie		1:2		STŘIHADLO	
Normalizace		Stav výřezu		Číslo výkresu	
Schválil		Číslo seznamu		2-DP-066-00	
Datum 15.05.2005		Sešitavý		Líst	





Přesnost ISO 2768-mS		Tolerování ISO 8015		Povrchování		Materiál		T.0.	
Povrchování		Povrchování		Hrubá imnost		kg			
Změna		Datum		Index Podpis		Název			
Navrhl		Přezkoušel		Technolog		Stav výřez		Číslo výkresu	
Normalizace		Schválil		Seznam		Lístič			
Datum 15.05.2005		Seznam		Lístič					

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE  
VUT V Brně - Fakulta strojního inženýrství  
STŘIHA DLO  
2-DP-066-00